

TALES GARCIA ANTUNES

**ESTUDO DO CADASTRO 3D APLICADO ÀS GALERIAS DE  
MINAS DE CARVÃO**

Dissertação apresentada como requisito à obtenção do grau de Mestre ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial da Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Henrique de Oliveira.

Florianópolis – SC  
2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Antunes, Tales Garcia  
ESTUDO DO CADASTRO 3D APLICADO ÀS GALERIAS  
DE MINAS DE CARVÃO / Tales Garcia Antunes ;  
orientador, Dr. Francisco Henrique de Oliveira,  
2019.

132 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial, Florianópolis, 2019.

Inclui referências.

1. Engenharia de Transportes e Gestão Territorial. 2. Cadastro 3D, Cadastro Carbonífero, LADM. 3. ISO 19152. I. Oliveira, Dr. Francisco Henrique de . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial.

TALES GACIA ANTUNES

**ESTUDO DO CADASTRO 3D APLICADO À GALERIAS DE  
MINAS DE CARVÃO**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre” e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 07 de Dezembro de 2018.

---

Prof. Prof. Dr. Norberto Hochheim  
Coordenador do Curso

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Dr. Francisco Henrique de Oliveira - Orientador  
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

---

Prof. Dr. Everton da Silva  
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

---

Prof. Dr. Carlos Antônio Oliveira Vieira  
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

---

Prof. Dr. Adolfo Lino de Araújo  
Instituto Federal de Santa Catarina - IFSC

## AGRADECIMENTOS

A Deus, em primeiro lugar, por me dar saúde e disposição para que este trabalho se concretizasse.

A minha querida esposa, Danielle Lopes Verdieri Antunes, pelo seu apoio, compreensão, carinho e paciência nos momentos de ausência.

As minhas filhas Luísa e Alice que por muitos finais de semana viram seu pai trancado no escritório estudando, impossibilitado de brincar.

Meus mais sinceros agradecimentos ao Professor Dr. Francisco Henrique de Oliveira, por todo o apoio, suporte e por estar sempre à disposição para sanar minhas dúvidas e dar sugestões nos momentos que eu mais necessitei.

Aos professores, Dr. Everton da Silva, Dr. Carlos Antônio Oliveira Vieira e Dr. Adolfo Lino de Araújo, por aceitarem fazer parte da banca de avaliação da minha dissertação.

Gostaria de agradecer também a Universidade Federal de Santa Catarina, e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transporte e Gestão Territorial por possibilitar a elaboração desta pesquisa.

## RESUMO

O estudo apresentado nessa pesquisa traz à tona a necessidade de discussão sobre a integração entre o Cadastro Territorial e os demais cadastros temáticos, com forte ênfase voltada para a questão do Cadastro Carbonífero – tomando como referência o mapeamento e a representação tridimensional. De forma notória, quer seja em nível nacional ou internacional o cadastro territorial é um “procedimento” indispensável ao levantamento de geodados confiáveis, mesmo que apresente apenas duas dimensões. Os municípios compreendidos em uma região carbonífera demandam o mapeamento de detalhes e portanto a caracterização cadastral, bem como a integração entre o cadastro territorial e o cadastro carbonífero. Neste sentido o objetivo da pesquisa foi avaliar o potencial de integração entre o cadastro territorial a um cadastro 3D subterrâneo (Carbonífero). O método científico para subsidiar a proposição preliminar do modelo conceitual de integração entre os dois sistemas cadastrais se apoiou nos pressupostos da ISO 19152 (Land Administration Domain Model – LADM). Para desenvolver o modelo foi necessário conhecer em detalhes os dois sistemas, sugerir adaptações e propor a integração, pautado no referencial teórico, nos pressupostos legais e nas demandas sugeridas pelos usuários dos sistemas. O resultado conduziu a um modelo conceitual que considerou a variável tridimensional de integração entre os cadastros, disseminando a informação locacional 3D das galerias. Esse procedimento permitiu maior compreensão por parte das entidades responsáveis pelo planejamento e gestão territorial municipal visando efetuar as suas ações de planejamento e gestão, bem como executarem a tomada de decisão apoiadas no princípio de (re)conhecimento cartográfico espacial tridimensional técnico e confiável geometricamente.

**Palavras-chave:** Cadastro 3D, Cadastro Carbonífero, LADM.

## **ABSTRACT**

The research brings a discussion about the integration between the Territorial Cadastre and the others thematic cadasters, with a strong emphasis on the issue of the Carboniferous Cadastre - taking as a reference the mapping and the three-dimensional representation. Notably, whether on a national or international level, the territorial cadastre is a "procedure" indispensable for the survey of reliable geodata, even if it presents only two dimensions. The municipalities included in a carboniferous region require the mapping of details and therefore the cadastral characterization, as well as the integration between the territorial cadastre and the carboniferous cadastre. In this sense the main purpose of the research was to evaluate the potential integration between the territorial cadastre and a 3D underground cadastre (Carboniferous). The scientific method to subsidize the preliminary proposition of the conceptual integration model between the two cadastral systems was based on the assumptions of ISO 19152 (Land Administration Domain Model - LADM). In order to develop the model it was necessary to know in detail the two systems, to suggest adaptations and to propose the integration, based on the theoretical framework, legal assumptions and the demands suggested by the users of the systems. The result led to a conceptual model that considered the three-dimensional integration variable between the cadasters, disseminating the 3D locational information of the galleries. This procedure allowed greater understanding on the part of the entities responsible for planning and municipal territorial management in order to carry out their planning and management actions, as well as to execute decision making based on the principle of (re) knowledge of three-dimensional space mapping technically and reliably geometrically.

**Key-words:** 3D Cadaster, Mining Cadaster, LADM

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação gráfica do Cadastro 3D .....	15
Figura 2 – Mapa de Localização da Bacia Carbonífera Catarinense.....	25
Figura 3 – Camadas da Formação Rio Bonito.....	26
Figura 4 – Modelagem da Capa da Camada de Carvão Barro Branco e da Superfície do Terreno na Área da Concessão da Mina B .....	27
Figura 5 – Mina de Taldinski - Rússia .....	29
Figura 6 – Passivo Ambiental proveniente da extração de carvão na região de Criciúma-SC .....	30
Figura 7 – Lavra de Carvão Subterrânea.....	31
Figura 8 – Método de Lavra por Câmara e Pilares.....	32
Figura 9 – Desenho dos Painéis e Pilares.....	32
Figura 10 – Pilar de Sustentação .....	33
Figura 11 – Fraturamento Pelo Colapso dos Pilares .....	35
Figura 12 – Recuperação do Nível Freático em Local de Subsidência .	36
Figura 13 – Subsidências das Camadas de Rochas .....	37
Figura 14 – Conjunto Habitacional Vila Esperança.....	38
Figura 15 – Fachada do Edifício Las Palmas .....	39
Figura 16 – Galeria de Mina Encontrada Durante Obra em Residência	40
Figura 17 – Casas abandonadas em área onde a terra está afundando perto de uma mina de carvão em Shanxi, China .....	41
Figura 18 – Mapa das Minas Abandonadas nos Estados Unidos da América.....	42
Figura 19 – Rachadura em Escola Americana .....	43
Figura 20 – Mina Abandonada, Montes Urais - Rússia .....	44
Figura 21 – Cadastro de Áreas Mineradas – Camarões .....	45
Figura 22 – Cadastro de Áreas Mineradas, SIGMINE.....	48
Figura 23 – Processos Minerários da Região Carbonífera Catarinense	49
Figura 24 – Diagrama de Licença de Construção na Cidade de Criciúma .....	55
Figura 25 – Representação de Cadastro 2D .....	66
Figura 26 – Guanajuato, México.....	69
Figura 27 – Córdoba, Argentina.....	70
Figura 28 – Zona de Proteção de Aeródromos.....	72
Figura 29 – Relação Espacial entre a Superfície e o Subsolo .....	73
Figura 30 – Relação Espacial Urbana Têrreo X Subterrâneo.....	74
Figura 31 – Representação Espacial Plana de Infraestruturas .....	75
Figura 32 – Visão Geral da Estrutura da LADM .....	80
Figura 33 – Classes do Pacote Party .....	82
Figura 34 – Classes do Pacote Administrative .....	83

Figura 35 – Classes do Pacote Spatial Unit .....	85
Figura 36 – Classes do Pacote Surveying and Representation.....	88
Figura 37 – Modelo Conceitual de Associação.....	90
Figura 38 – Modelo Conceitual de Generalização.....	92
Figura 39 – Modelo Conceitual de Agregação .....	93
Figura 40 – Diagrama do Método .....	95
Figura 41 – Software de Edição Gráfica.....	99
Figura 42 – Tabela de Dados .....	100
Figura 43 – Representação das Galerias de Minas.....	101
Figura 44 – Representação das Fundações de uma Edificação.....	102
Figura 45 – Representação 3D ao nível do solo.....	103
Figura 46 – Destaque Estaca Pilar X Galeria.....	103
Figura 47 – Diagrama de Aplicação da ISO 19152 para o Cadastro Carbonífero .....	105
Figura 48 – Nova Proposição do Campo Infraestrutura, adicionando o item infraestrutura subsolo.....	107
Figura 49 – Diagrama com Inserção do modelo conceitual do Cadastro Carbonífero .....	109
Figura 50 – Sistema Cadastral – Estudo de Caso – Imóvel .....	110
Figura 51 – Sistema Cadastral – Estudo de Caso – Garagem .....	111
Figura 52 – Sistema Cadastral – Estudo de Caso – Edifício.....	112
Figura 53 – Sistema Cadastral – Estudo de Caso – Edifício Lucio Cavaler.....	113
Figura 54 – Parte do Sistema Cadastral – Campos Espaciais .....	114

## **LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1 – Evolução da Mão de Obra em Santa Catarina – 1980 a 1999 .....	16
Gráfico 2 – Levantamento de Minas Abandonadas ou Paralisadas no Chile .....	44

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Minas de Carvão no Estado de Santa Catarina.....	15
Tabela 2 – Maiores Reservas Mundiais de Carvão .....	23
Tabela 3 – Produção de Carvão por Estado produtos (toneladas).....	24
Tabela 4 – Informações Extraídas do Sistema Cadastral .....	67
Tabela 5 – Associação entre as Tabelas da Norma .....	91
Tabela 6 – Generalização entre as Tabelas da Norma .....	92
Tabela 7 – Agregação entre as Tabelas da Norma .....	93
Tabela 8 – Boletim Cadastral Imobiliário .....	115
Tabela 9 – Boletim Cadastral Imobiliário Adaptado .....	115

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

BCI – Boletim Cadastral Imobiliário  
CBCA – Companhia Carbonífera Brasileira Araranguá  
CDM – Conselho de Desenvolvimento Municipal  
CFEM – Compensação Financeira pela Exploração Mineral  
COSIP – Contribuição para Custeio de Iluminação Pública  
CPRM – Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais  
CSN – Companhia Siderúrgica Nacional  
DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral  
DPFT – Divisão de Planejamento Físico Territorial  
FIG – Federação Internacional de Geômetras  
FTC – Ferrovia Tereza Cristina  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
INDE – Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais  
IPAT – Instituto de Pesquisas Ambientais Tecnológicas  
ISO – International Organization for Standardization  
LADM – Land Administration Domain Model  
OTL – Objeto Territorial Legal  
P.A.L– Plano Anual de Lavra  
PRAD – Plano de Recuperação de Áreas Degradadas  
RAL – Relatório Anual de Lavra  
SHP – Shape File  
SIECESC – Sindicato da Indústria de Extração Carvão Estado SC  
SIG – Sistema de Informação Geográfica  
SIGMINE – Sistema de Informação Geográfica da Mineração  
SRC – Sistema de Referência de Coordenadas  
UTM – Universal Transversa de Mercator  
WCO – Associação Mundial de Carvão  
ZMIS – Zonas Mineradas em Subsolo

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>PROBLEMA .....</b>	<b>18</b>
2.1	OBJETIVOS .....	19
<b>2.1.1</b>	<b>OBJETIVO GERAL.....</b>	<b>19</b>
<b>2.1.2</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>19</b>
2.2	JUSTIFICATIVA .....	19
2.3	LIMITAÇÕES DO TRABALHO.....	20
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>22</b>
3.1	A MINERAÇÃO .....	22
<b>3.1.1</b>	<b>NO BRASIL .....</b>	<b>22</b>
<b>3.1.2</b>	<b>TIPOS DE LAVRA UTILIZADAS.....</b>	<b>28</b>
<b>3.1.3</b>	<b>PROBLEMAS OCACIONADOS PELA EXPLORAÇÃO EM SUBSOLO .....</b>	<b>34</b>
3.2	LEGISLAÇÃO .....	46
<b>3.2.1</b>	<b>A COMPETÊNCIA DO ESTADO SOBRE A MINERAÇÃO.....</b>	<b>46</b>
<b>3.2.2</b>	<b>CÓDIGO DE MINERAÇÃO.....</b>	<b>49</b>
<b>3.2.3</b>	<b>PLANO DIRETOR MUNICIPAL .....</b>	<b>49</b>
3.3	TOPOGRAFIA DE MINAS E O CADASTRO .....	57
<b>3.3.1</b>	<b>A CARTOGRAFIA UTILIZADA NAS MINERAÇÕES</b>	<b>60</b>
<b>3.3.2</b>	<b>CADASTRO TERRITORIAL.....</b>	<b>62</b>
3.4	LADM ISO 19152 .....	77
<b>3.4.1</b>	<b>LADM NO BRASIL .....</b>	<b>77</b>
<b>3.4.2</b>	<b>ESTRUTURA E RELACIONAMENTO DO LADM.....</b>	<b>78</b>
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>94</b>
4.1	MATERIAIS UTILIZADOS .....	94
4.2	MÉTODO .....	94
<b>4.2.1</b>	<b>ENTRADA DOS DADOS .....</b>	<b>96</b>
<b>4.2.2</b>	<b>PROCESSAMENTO E ANÁLISE.....</b>	<b>97</b>
4.2.3	RESULTADOS (SIMULAÇÃO DA APLICAÇÃO 3D DO CADASTRO CARBONÍFERO - LADM).....	97
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E ANÁLISES.....</b>	<b>104</b>
5.1	CADASTRO CARBONÍFERO.....	104
5.2	ESTUDO DAS COMPONENTES DA NORMA PARA O CADASTRO CARBONÍFERO .....	104
5.3	CORRELAÇÃO ESPACIAL COM A PARCELA TERRITORIAL .....	106
5.4	AValiação DO CADASTRO TERRITORIAL PARA APLICAÇÃO DA NORMA .....	109

5.5	AVALIAÇÃO DA NORMA PARA O CADASTRO	
	CARBONÍFERO.....	117
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES .</b>	<b>118</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>122</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Segundo o Plano Nacional de Mineração 2030 (BRASIL, 2010, p. 48) estima-se que haja mais de 1 trilhão de toneladas de reservas de carvão comprovadas em todo o mundo, quantidade suficiente para mais 190 anos considerando as taxas atuais de consumo. Por outro lado, o petróleo e o gás não apresentam a mesma estimativa para os próximos 40 e 66 anos respectivamente. Com o transcorrer dos anos e pela grande importância energética/financeira, a prospecção e os mapeamentos das reservas de carvão apresentam-se melhor identificados no contexto mundial, pelas diversas sondagens exploratórias. Mesmo com o advento de novas tecnologias para a substituição desta matriz energética, não se pode deixar de levar em conta sua reserva mundial, e a possibilidade de futuramente reiniciar a extração do mineral e sua reativação como fonte energética.

Herrman<sup>1</sup> (2008, p. 13) afirma que a exploração mineral é de inquestionável importância socioeconômica, com o desenvolvimento dos bens de consumo, veículos, computadores, materiais de construção, produção de energia, e que tudo, em uma sociedade moderna depende da mineração. Mas também é inegável o impacto da atividade sobre o meio ambiente. Este impacto ambiental é mais evidente na região Sul do Estado de Santa Catarina, região na qual durante décadas o carvão minerado foi lavrado sem nenhum cuidado ambiental, resultando em mais de seis mil hectares de áreas degradadas.

Sendo assim, neste cenário ambientalmente sensível, verifica-se que a Região Carbonífera – ao Sul do Estado de SC – não apresenta planejamento e/ou gestão eficiente sobre os dados espaciais (cartografia cadastral/temática), quer seja sob a ótica da exploração ou na condição de preservação ambiental. De fato, os órgãos responsáveis pela gestão dos geodados deveriam apresentar um sistema cadastral bi ou tridimensional completo, confiável e atualizado. Nesse sentido, tanto na condição 2D quanto no 3D (dados subterrâneos) verificam-se deficiências e principalmente a não correlação entre os dois sistemas de dados espaciais (cadastral e o carbonífero). Neste sentido seria apropriado que as prefeituras associadas a uma região Carbonífera tivessem um sistema cadastral territorial bidimensional integrado ao Cartório de Registro de Imóveis, e que especialmente conversasse com

---

<sup>1</sup> Prefácio do Livro escrito por Darlan Airton Dias, Procurador da República em Criciúma/SC.

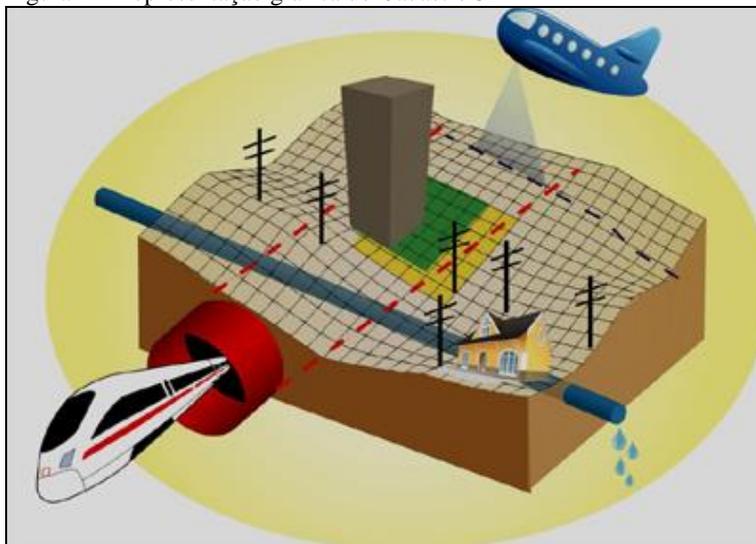
uma cartografia das galerias de minas – as quais se configuram em um mapeamento relacionado ao cadastro tridimensional, chamamos aqui de cadastro carbonífero.

A não integração entre os sistemas cadastrais supracitados (cadastro 2D da administração municipal e o cadastro carbonífero 3D de gerência das mineradoras) cria problemas administrativos e de planejamento territorial, tanto para os gestores públicos como principalmente para os moradores locais. A não divulgação da localização geográfica precisa das galerias de minas existentes, pode acarretar em problemas na ocupação territorial do solo superficial. De modo especial, ocorre reiteradamente na região Carbonífera Catarinense a subsidência do solo, que se configura em problemas estruturais nas edificações, afetando diretamente a forma, o valor e a restrição na ocupação em diversas regiões edificadas da área urbana. Percebe-se que o conhecimento e a divulgação da posição geográfica das galerias de minas, pode auxiliar as definições técnicas nos métodos construtivos das edificações, e em casos de maior risco, restringir a ocorrência de parcelamentos do solo em determinadas áreas.

O estudo apresentado nessa pesquisa traz à tona a necessidade da discussão sobre a integração entre o cadastro territorial e os demais cadastros temáticos, com forte ênfase para a questão do cadastro carbonífero – tomando como referência o mapeamento e a representação tridimensional. A peculiaridade da região Carbonífera Catarinense, frente a extração do minério de carvão, demanda dados/informações sobre o cadastro territorial integrado de modo a instrumentalizar ações de planejamento de uso e ocupação do solo, bem como de potencializar a mitigação de possíveis danos estruturais.

De forma notória, quer seja em nível nacional ou internacional o cadastro territorial é um “processo/procedimento” indispensável na busca por geodados confiáveis, mesmo que apresente apenas duas dimensões. Por outro lado, o cadastro tridimensional pode, nesse momento, parecer uma utopia para o Brasil, porém segundo Antunes e Oliveira (2018, p. 1040) o cadastro 3D demonstra uma nova realidade e potencial que os mapeamentos 2D não apresentam. Para as áreas urbanas, o sistema cadastral integrado (2D e 3D) deve representar todas as infraestruturas urbanas, permitindo que o planejamento seja sistemático e que facilite a interação entre os dados parcelares com os instrumentos públicos já consolidados, conforme retratado graficamente na Figura 1.

Figura 1 – Representação gráfica do Cadastro 3D



Fonte: Antunes e Oliveira (2018, p.1040).

Em um relatório mais aprofundado da localização geográfica das galerias de minas existentes, a utilização da variável altimétrica, pode também identificar e evidenciar o recobrimento da camada de solo acima das galerias de minas lavradas.

Segundo o Relatório Anual de Lavra (RAL), descrito por Heider (2015, p. 13), no estado de Santa Catarina, a extração do carvão mineral é realizada por cinco empresas, distribuídas em nove minas, conforme detalha a Tabela 1.

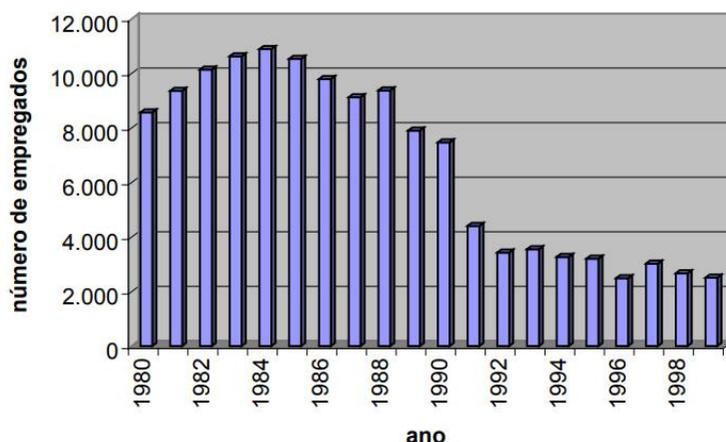
Tabela 1 – Minas de Carvão no Estado de Santa Catarina

<b>Carbonífera</b>	<b>Mina</b>	<b>Cidade</b>	<b>Produto</b>
Belluno	Cantão Norte	Treviso	Carvão Mineral
	Lauro Muller	Lauro Muller	Carvão Mineral
Catarinense	3G Plano 2	Lauro Muller	Carvão Mineral
	Bonito 1	Lauro Muller	Carvão Mineral
Metropolitana	Fontanella	Treviso	Carvão Mineral
Criciúma	3	Criciúma	Carvão Mineral
Rio Deserto	101	Içara	Carvão Mineral
	Cruz de Malta	Treviso	Carvão Mineral
	Novo Horizonte	Criciúma	Carvão Mineral

Fonte: Adaptado HELDER (2015, p. 14).

A evolução na quantidade de empregados na extração de carvão da Região Carbonífera Catarinense atingiu seu auge na década de 1980, como mostra o Gráfico 1, chegando a empregar cerca de 11.000 trabalhadores e prover a subsistência a mais de 66.000 pessoas (SIECESC, 2001, p. 10). Mas com a decadência do setor no final da década de 1980 e pela desregulamentação do governo, o setor entrou em crise, acarretando na falência de empresas e a privatização da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), reduzindo as vagas de trabalho para menos de 3.000.

Gráfico 1 – Evolução da Mão de Obra em Santa Catarina – 1980 a 1999



Fonte: Siecesc (2001, p. 10).

A região ainda sofre com a decadência no setor, seja pelo passivo ambiental herdado, com mais de 6.000 hectares, ou pela má gestão no cadastro das bocas de minas e galerias existentes. Estima-se que na Região Carbonífera, área compreendida pelos Municípios de Criciúma, Içara, Forquilha, Morro da Fumaça, Cocal do Sul, Nova Veneza, Siderópolis, Lauro Muller, Treviso e Urussanga, existam mais de mil bocas de minas abandonadas, maior parte delas com 50 a 80 anos e sem localização geográfica conhecida (FERNANDES; ALAMINO; ARAUJO, 2014, p. 2).

Mediante a problemática ambiental presente na região associada a deficiente representação cadastral tridimensional das explorações de carvão (entenda-se as galerias de minas) na região sul de Santa Catarina, verifica-se que a extração contínua de carvão ao longo dos anos deixou

cicatrizes irrecuperáveis e que hoje seus efeitos precisam ser minimizados. Nesse sentido, o cadastro territorial – com sua informação básica – associada aos cadastros temáticos representa um recurso eficiente para a gestão pública, especialmente na área de expansão urbana consolidada da região que se sobrepõem as áreas subterrâneas mineradas, as quais demandam mais estudos locacionais das bocas de minas e galerias, a fim de evitar problemas na ocupação.

Por fim, a proposta do modelo de integração entre os dois sistemas cadastrais (Territorial e o Carbonífero), apresentado nesta pesquisa não tem a pretensão de ser uma modelagem definitiva. Muito pelo contrário, emerge uma discussão visando a integração em que apresenta uma primeira proposta baseada sob o viés científico, apoiado em um pressuposto técnico (ISO 19152), que permitirá ao gestor público (re)conhecer o território e gerir ações de modo eficiente. Desse modo, as variáveis cadastrais tanto de superfície quanto subterrânea estarão associadas espacialmente e tecnicamente referenciados em um único sistema geodésico – dando maior seguridade à tomada de decisão.

## 2 PROBLEMA

Os Municípios brasileiros, em especial os que possuem um cadastro territorial sistematizado e que possuem as atividades de exploração do carvão (subterrâneo), não apresentam na diretriz do Planejamento Urbano um modelo de unicidade entre os dados espaciais tridimensionais integrado. Portanto, a variável 3D não passa a ser objeto de vinculação espacial que represente a implantação geográfica das galerias subterrâneas associada a ocupação imobiliária da superfície. Neste sentido, os dois cadastros não “conversam” na forma espacial tridimensional. Assim sendo, a análise integrada entre os cadastros não ocorre, acarretando potencialmente risco às áreas edificadas – uma vez que os mapeamentos/cadastros não apresentam a superposição entre áreas edificadas com a implantação das galerias de minas. A incerteza sobre as áreas de mineração subterrânea interfere diretamente no cálculo estrutural de uma edificação, e portanto na forma construtiva, que dependendo da situação irá encarecer a obra para não correr o risco de subsidência do solo.

As evidências pela necessidade de uma gestão integrada entre os dados espaciais 3D – ou seja, entre o sistema cadastral territorial e o sistema cadastral carbonífero – são relacionadas abaixo:

- a) Real interferência no dimensionamento, tipologias e implantação de estruturas/fundações para as edificações;
- b) Potencial ocorrência de subsidência do solo e acomodação de estruturas (recalque de edificações);
- c) Atendimento a LEI nº 12.608, de 10 de abril de 2012 que dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil – SINADEC e a necessidade de mapeamento das áreas de risco pelos Municípios Brasileiros;
- d) Planejamento territorial urbano, exercido pelo poder público municipal, desvinculado da realidade e das potenciais restrições para a implantação e/ou edificação de uma obra;
- e) Atendimento parcial a Lei nº 12.527/2011 que regulamenta o direito constitucional de acesso às informações públicas, neste caso os dados cadastrais territoriais;
- f) Demanda por atender ao Decreto Federal 8.764, assinado em 2016 o qual estabelece a integração em um único banco de dados espaciais, o fluxo dinâmico de dados

jurídicos produzidos pelos serviços de registros públicos ao fluxo de dados fiscais, cadastrais e geoespaciais de imóveis urbanos e rurais produzidos pela União, pelos Estados, pelo Distrito Federal e pelos Municípios.

## 2.1 OBJETIVOS

### 2.1.1 Objetivo Geral

Avaliar o potencial de integração entre o cadastro territorial (2D) ao cadastro carbonífero (3D) aplicando os princípios da ISO 19152/2012 - Land Administration Domain Model (LADM).

### 2.1.2 Objetivos Específicos

- a) Estudar a estrutura (parâmetros/dados/metadados) que definem o cadastro 2D e sua demanda de implementação para o 3D, voltado à Região Carbonífera Catarinense;
- b) Avaliar os dados/documentação alfanumérico/cartográfica que subsidiam a integração entre os dois cadastros na região Sul de Santa Catarina;
- c) Propor um modelo preliminar de integração entre os sistemas cadastrais (Territorial e Carbonífero), apoiado na Norma ISO 19152.

## 2.2 JUSTIFICATIVA

- Necessidade de desenvolvimento e aprimoramento do sistema cadastral bi e tridimensional para uma Região Carbonífera Sul Catarinense, em função do perfil e características da região frente a exploração do minério de carvão;
- Aprofundar o conhecimento espacial “subterrâneo” – especificamente voltado ao mapeamento de galerias (3D), associado aos parâmetros técnicos que demandam a cartografia, planejamento e gestão das galerias;
- Subsidiar a administração pública municipal na identificação e reconhecimento das premissas cartográficas 3D, considerando a modelagem dos dados do cadastro carbonífero vinculado ao cadastro territorial, para efeito de

gestão do planejamento urbano e ocupação construtiva adequada do espaço superficial.

### 2.3 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

- O trabalho de pesquisa encontra-se limitado ao estudo da gestão integrada entre dois sistemas cadastrais (territorial e o carbonífero), em especial se toma como estudo de caso a prática que ocorre na Região Carbonífera Catarinense. Tem-se claro que esse estudo de caso reflete boa parte do que ocorre em outros Municípios em situação similar no Brasil, podendo portanto ser replicado;
- O tema da pesquisa que engloba as questões sobre cadastro 3D (subterrâneo) apresenta-se pouco explorado pela academia brasileira e, portanto, as referências bibliográficas são mais restritivas se comparadas a outros temas de maior interesse acadêmico. A temática da vinculação entre o cadastro 3D de galerias de minas subterrâneas e o cadastro territorial apresenta-se ainda mais restritivo no campo teórico-científico. Essa afirmação se sustenta por meio do estudo bibliométrico que apresentou pouco mais de 30 artigos, os quais foram utilizados como referência de pesquisa;
- Falta de divulgação, atualização e intercâmbio de dados espaciais pelos órgãos gestores municipais, estaduais, federais e privados – os quais exercem atividades que antropizam o território, quer seja na superfície ou na área subterrânea. De fato, verifica-se uma resistência na divulgação/disseminação e principalmente na integração entre os dados espaciais 2D/3D entre os órgãos de diferentes esferas de governo. A escassa divulgação dos dados espaciais territoriais, bem como a desatualização e a falta de manutenção dos dados históricos bi ou tridimensional acarretam em ações de levantamentos duplicadas, acumulam custos desnecessários, acumulam insegurança jurídica espacial sobre os dados existentes, a baixa aderência entre os gestores na tomada de decisão, e pôr fim a

incerteza do cidadão sobre seus direitos, restrições e responsabilidades associados a propriedade – frente ao planejamento da ocupação/edificação;

- Setores públicos municipais e estaduais que apresentam profissionais não habilitados na formação técnica voltada ao Cadastro Territorial ou mapeamento/levantamento cadastral tridimensional. A especialidade profissional configura na organização e gestão da base cadastral territorial e o seu potencial planejamento de integração com outros sistemas cadastrais. Frente a essa deficiência o trabalho científico fica prejudicado por não obter todos os dados que necessita para compor uma base de dados espacial ampla que permita realizar a simulação do processo de gestão integrado. Considera-se, portanto, que a proposição do trabalho (produto final) estará limitada a demanda do setor de gerência do cadastro territorial da prefeitura sem considerar uma direta integração com outras secretarias ou órgãos gerencias administrativos;
- Outros cadastros temáticos, que são direta ou indiretamente afetados pela existência da atividade de mineração subterrânea no perímetro urbano das cidades, não serão tratados no âmbito desta pesquisa, assim sendo questões ambientais, poluição, abalo na estrutura das edificações, entre outras serão somente comentados como base de referência a gravidade e abrangência da importância do estudo da vinculação entre os cadastros territorial e carbonífero;
- O estudo de caso é voltado para a área da Região Carbonífera Catarinense, que por sua forma de ocupação e atividade de exploração tem características similares dentre os Municípios que a compõem. Portanto, o estudo realizado pode ser estendido a outros Municípios e aplicados a outros casos similares;

### **3 REFERENCIAL TEÓRICO**

Com o objetivo de subsidiar teoricamente o tema definido nessa pesquisa, torna-se necessário apresentar alguns conceitos primordiais para seu entendimento e aplicação.

#### **3.1 A MINERAÇÃO**

Segundo Herrmann (2008, p. 7), o setor mineral, devido a sua importância para o crescimento econômico dos estados que detém este recurso natural, sempre foi considerado estratégico para as políticas de desenvolvimento. O autor ainda ressalta que a mineração ocorre com a modificação da paisagem, resultando em grande impacto visual e ambiental.

##### **3.1.1 No Brasil**

Segundo o Anuário Mineral Brasileiro (DNPM, 2010, p. 16), as principais reservas minerais no país são de Alumínio (Bauxita), Ferro e Carvão Mineral, este último encontra-se na classe dos energéticos. O mesmo documento deixa claro que as reservas de carvão mineral correspondem mais de 6.550.849.407 toneladas e que portanto são consideradas reservas minerais importantes para o país.

Segundo Brasil (2016, não p.), no ano de 2016 o país exportou mais de U\$36 bilhões em minerais, de um total de mais de U\$185 bilhões exportados pelo país, e no mesmo período a arrecadação da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM), os royalties da mineração, aumentaram cerca de 18,3% em relação a 2015, passando de R\$ R\$ 1,519 bilhão em 2015 para 1,797 bilhão ainda no ano de 2016. No período de janeiro a novembro de 2016, foram expedidos 12.607 alvarás de pesquisa, outorgadas 452 concessões de lavra e aprovados 1.541 relatórios de pesquisa.

Os dados estatísticos relatados demonstram a relevância da mineração no cenário nacional no âmbito da exportação. Feam (2016, p. 7) detalha sobre a importância da criação ou aperfeiçoamento de políticas e instrumentos que permitam o controle e a gestão dos impactos advindos da atividade minerária em todo o território nacional.

A ocorrência do carvão mineral no Brasil está localizada desde o estado de São Paulo até o estado do Rio Grande do Sul, sendo o estado de Santa Catarina o maior produtor. O carvão catarinense é considerado

parte fundamental da história da região carbonífera. (MARCELLINO; FERREIRA, 2015, p. 55)

a) Carvão Mineral

Segundo o Atlas de Energia Elétrica do Brasil (2002, p. 81), como matriz energética mundial, o carvão é atualmente responsável por cerca de 22% de todo o consumo mundial de energia e 45% de toda a eletricidade gerada no mundo. Apesar dos graves impactos no meio ambiente, o carvão é considerado a maior fonte de energia para uso local. As principais razões para isso são as seguintes:

- Abundância das reservas;
- Distribuição geográfica das reservas;
- Baixos custos e estabilidade nos preços, relativamente a outros combustíveis.

Barbosa (2014, não p.) comenta que mesmo com o pelo mundial para a não utilização do carvão, o mesmo vai ser a fonte mais usada no mundo, superando o petróleo. Os Estados Unidos é o país com que apresenta a maior reserva do mineral, o Brasil aparece no ranking das maiores reservas mundiais de Carvão em décimo quarto lugar com 4,5 bilhões de toneladas participando de 0,5% das reservas mundiais, conforme mostra a Tabela 2.

Tabela 2 – Maiores Reservas Mundiais de Carvão

<b>Ranking</b>	<b>País</b>	<b>Reservas Provadas (Bilhões de Toneladas)</b>	<b>Fatias das reservas globais (%)</b>
1º	Estados Unidos	237	27,6
2º	Rússia	157	18,2
3º	China	114	13,3
4º	Austrália	76,4	8,9
5º	Índia	60,6	7
14º	Brasil	4,5	0,5

Fonte: Adaptado Barbosa (2014).

## b) Região Carbonífera Catarinense

Rebouças<sup>2</sup> (1997, p. 25) descreve que a extração e beneficiamento do carvão configuraram-se como o modelo econômico da região Sul de Santa Catarina, e detalha que as empresas de iluminação, gás e ferrovias foram impedidas durante a 1ª Guerra Mundial de importar o carvão da Europa, fazendo uso do carvão catarinense. Outro grande impulso fora a revolução de 1930, que estabeleceu a obrigatoriedade de consumo do mineral, e posterior a 2ª Guerra Mundial que novamente obriga a substituição do mineral importado, garantindo a rentabilidade econômica.

Segundo Associação Brasileira do Carvão Mineral (ABCM, 2013, não p.) por não ser uma fonte renovável de energia, o carvão representa 1,4% na matriz energética brasileira, e responsável pelo equivalente a 35% da eletricidade que chega às casas e indústrias catarinenses, no mundo, esse índice chega a 38%.

O Relatório de Dados Estatísticos de 2016 do Sindicato Indústria de Extração Carvão Estado Santa Catarina - SIECESC (2016, p. 1), relata que a Região Carbonífera, única no estado de Santa Catarina a extrair carvão, supera a produção frente aos estados do Rio Grande do Sul e Paraná, com a extração de mais de 6 milhões de toneladas por ano, conforme mostra a Tabela 3.

Tabela 3 – Produção de Carvão por Estado produtos (toneladas)

Ano	Paraná	S. Catarina	R. G. do Sul	Total
2012	315.131	6.097.496	5.134.217	11.546.844
2013	272.505	7.756.568	6.109.811	14.138.883
2014	267.505	6.946.549	6.335.163	13.549.217
2015	340.000	6.507.617	6.259.740	13.107.357
2016	209.696	6.207.149	4.840.599	11.257.444

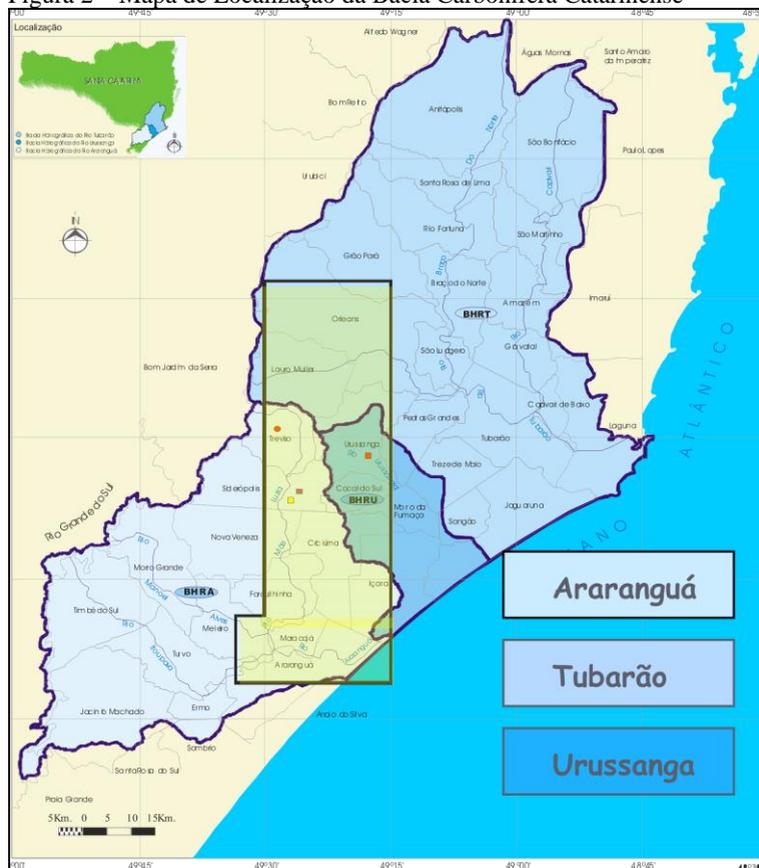
Fonte: SIECESC (2016, p. 1).

A Bacia Carbonífera Catarinense, conforme relatório técnico elaborado para o Siecesc (2001, p. 7), está localizada a sudeste do estado, estende-se das proximidades de Morro dos Conventos – Arroio Silva, no litoral ao sul, até as cabeceiras do rio Hipólito, ao norte. No limite oeste, atinge Nova Veneza, e a leste, a linha natural de

<sup>2</sup> Laudo Técnico dos Possíveis efeitos produzidos pela atividade de Mineração (Lei nº 2.459/90 e nº 3.179/95. Do município de Criciúma/SC.

afloramento vai até Lauro Müller e Brusque do Sul. A Bacia possui um comprimento conhecido de 95 km e uma largura média de 20 km, sua posição no sul do estado está relatada na Figura 2, abrangendo 24 municípios com uma população de mais de 659.130 habitantes.

Figura 2 – Mapa de Localização da Bacia Carbonífera Catarinense



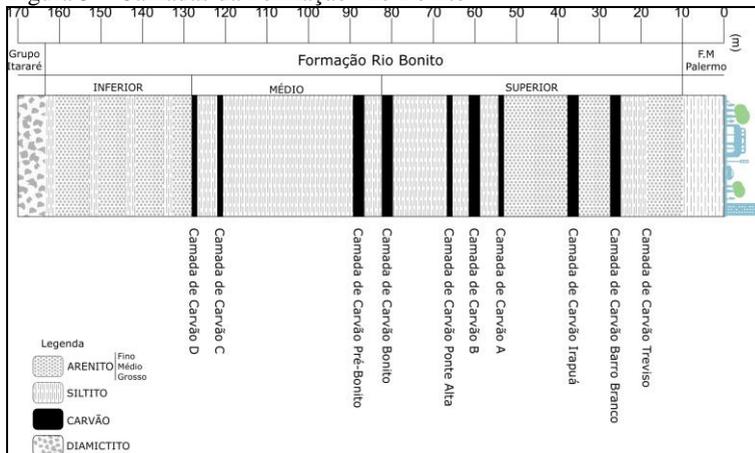
Fonte: Siecesc (2004, p. 8).

Segundo Castilhos (2011, p. 364), a bacia contém a maior reserva mineral de carvão do Brasil. A CPRM, em convênio com o DNPM, realizou a partir de 1971, pesquisas de sondagem por toda a Bacia Carbonífera de Santa Catarina, a fim de classificar as camadas de carvão existentes. Foram realizados 304 furos de sondagem com mais de

60.516,41 metros perfurados, espalhados pelos Municípios de Lauro Muller, Treviso, Criciúma, Forquilha, Maracajá e Araranguá.

Na formação Rio Bonito encontram-se as camadas de carvão, com destaque para a camada Barro Branco e Irapuá, sendo estas as mais exploradas na Região Carbonífera Catarinense, conforme detalha a Figura 3.

Figura 3 – Camadas da Formação Rio Bonito



Fonte: Adaptado, Krebs (1994, p. 7).

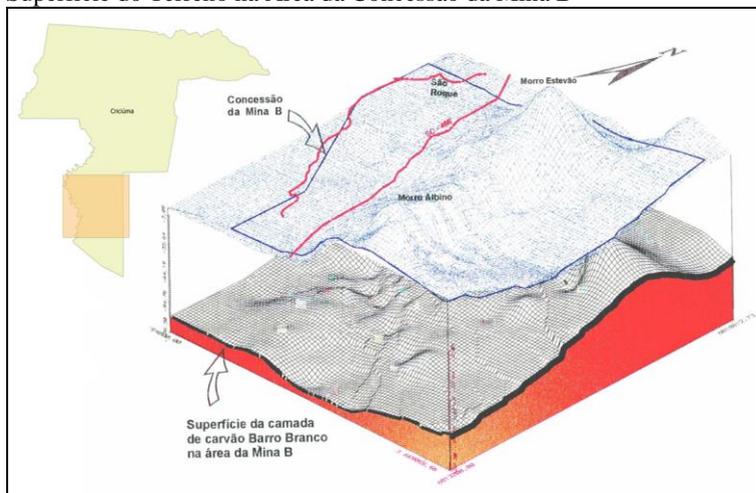
A primeira camada de carvão encontra-se aproximadamente a 25m abaixo da superfície, com até 217cm de espessura, podendo ser encontrado até 6 camadas de carvão. Segundo Süffart, Caye e Deemon (1977, p. 67), "a espessura da camada total frequentemente ultrapassa 1,8 m, contendo 30% a 40% de seu peso em carvão". Ainda, segundo os mesmos autores, na porção norte da bacia carbonífera, esta camada encontra-se acima da base da formação apresentando até 5 m de espessura, enquanto ao sul da bacia, esta espessura aumenta para até 30m.

Segundo dados da Publicação sobre o carvão no Estado de Santa Catarina realizado pelo DNPM (1981, p. 23), esta camada possui variações de recobrimento na ordem de 700m, sendo 350m positivas e 350m negativas, em relação ao nível médio dos mares, sendo aflorada, em superfície nas cidade de Criciúma e Siderópolis.

A Figura 4 mostra uma modelagem tridimensional desenvolvida por Krebs (1994, p. 8), realizada a partir das informações dos furos de sondagem executados pela CPRM nos anos de 1971 e 1972, da camada

de Carvão Barro Branco existente no Município de Criciúma, na área da Mina B, que fora operada pela Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) no período de 1983 a 1989.

Figura 4 – Modelagem da Capa da Camada de Carvão Barro Branco e da Superfície do Terreno na Área da Concessão da Mina B



Fonte: Adaptado Krebs (1994, p.8).

Pela Figura 4, fica evidente as diferentes variações de altitude da camada Barro Branco ao longo de seu veio, apresentando também as diferentes alturas de recobrimento ao solo superficial.

A camada Irapuá é a terceira na sequência estratigráfica das camadas de carvão da formação Bonito, em Santa Catarina, como mostrou a Figura 3. Situada em média a 9m abaixo da camada Barro Branco e com uma espessura média de 1,90m com 1,30m de carvão na camada. Essa camada ocorre em grande parte da bacia carbonífera e apresenta grande espessura em áreas restritas. Sua ocorrência é mais importante na cidade de Forquilha (DNPM,1981, p. 34).

Segundo dados das sondagens realizadas pela CPRM, sua maior espessura ocorre nas áreas do Sul de Criciúma, Siderópolis, Forquilha e Treviso, com até 1,90m de espessura média, e com 1,30m de carvão nesta camada.

O carvão da camada Irapuá apresenta características para fins siderúrgicos, mas inferiores ao carvão da camada Barro Branco.

### 3.1.2 Tipos de Lavra Utilizadas

Bortot (1995, p. 69) descreve que as etapas envolvidas na extração de carvão, atuam para degradar o ambiente, afetando os recursos hídricos, o solo, subsolo e qualidade do ar, podendo também contribuir para a supressão da fauna e flora dos ecossistemas. Na Região Carbonífera Catarinense se tem essencialmente dois tipos de lavras, a céu aberto e a de subsuperfície.

#### a) Extração de Lavra Carbonífera Superficial

A lavra Superficial ou Lavra a céu aberto, é possível quando a camada de carvão está quase aflorando a superfície (ABCM, 2018, não p.), necessitando somente a retirada de poucos metros da cobertura do solo. A mineração de superfície é apenas econômica quando a camada de carvão está perto da superfície, pois este método remove uma maior proporção do depósito de carvão do que a mineração subterrânea, uma vez que todas as camadas de carvão são exploradas, 90% ou mais do carvão podem ser recuperados.

Sua extração se justifica tanto econômica como tecnologicamente, quando são identificados depósitos de rochas ou minerais com viabilidade de comercialização e são identificados em profundidade relativamente pequena em relação à superfície. A Figura 5 mostra a maior mina de carvão a céu aberto do mundo, localizada na Sibéria, Rússia, a imagem detalha os degraus formados pela remoção das camadas superficiais até o encontro com as camadas de carvão. Conforme matéria veiculada no sítio eletrônico Investigatorium (2017, não p.) acredita-se que o carvão que ainda existe em Taldinski poderá ser extraído por cerca de 200 anos.

Figura 5 – Mina de Taldinski - Rússia



Fonte: Instigatorium (2017, não p.).

As camadas de solo superficial e de outras formações sedimentares que recobrem as camadas de carvão, constituindo a cobertura estéril, são removidas no estágio inicial de lavra propiciando a descobertura da camada de carvão que é, posteriormente, lavrada. Esse tipo de lavra envolve genericamente a remoção de grandes volumes de estéril para cada tonelada de carvão produzida, podendo causar sério impacto ambiental, caso a lavra não seja adequadamente planejada e a recuperação da área degradada definida e executada desde seu início (KOPPE; COSTA, 2002, p. 27). O autor ainda relata que no estado de Santa Catarina, a atividade de extração de carvão, pelo método de lavra a céu aberto, não foi desenvolvida com planejamento e padronização na recuperação das áreas lavradas, afim de manter a qualidade do meio ambiente. O material removido, compreendendo o material de descobertura, e os rejeitos não eram dispostos em locais específicos, ocasionando problemas ambientais que incluem drenagem ácida, impacto visual, erosão e liberação de gases para a atmosfera comprometendo a qualidade do ar. Alguns desses impactos ainda persistem na cidade de Criciúma, conforme mostra a Figura 6, um afluente do Rio Sangão com depósito de rejeito de carvão ao longo do seu curso.

Figura 6 – Passivo Ambiental proveniente da extração de carvão na região de Criciúma-SC



#### b) Extração de Lavra Carbonífera Subterrânea

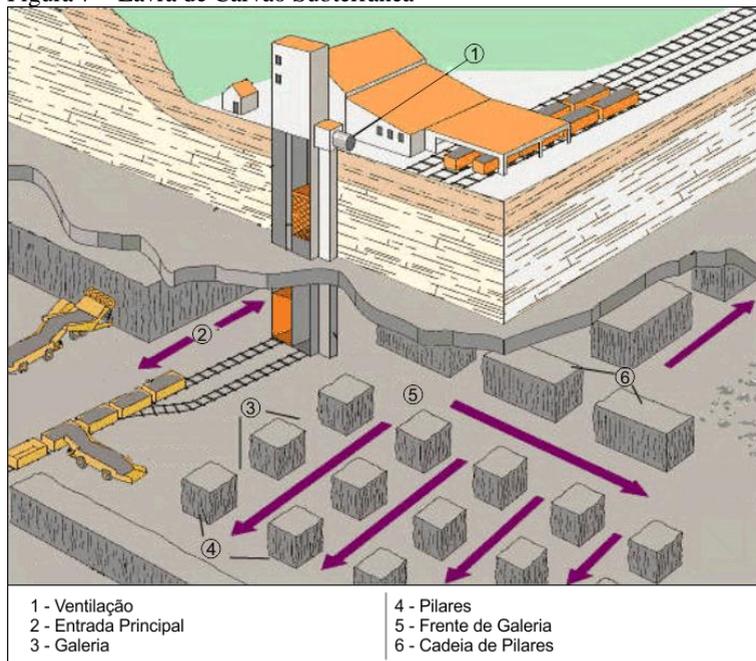
Segundo Krebs (1994, p. 12) a mineração mais frequente está na lavra subterrânea, se desenvolvendo em quase todas as áreas da região carbonífera

Um dos métodos empregado na extração de carvão mineral em subsolo era o de Câmaras e Pilares. Em depósitos com camadas horizontais ou levemente inclinadas nos quais o teto é sustentado por pilares naturais, geralmente de forma regular para facilitar o planejamento e as operações de lavra. Segundo ABCM (2018, não p.) o método de Câmaras e Pilares consiste em deixar para trás pilares de carvão que suportam o teto da mina. A extração somente é paralisada quando ocorre o exaurimento do veio de carvão, a chegada do limite da área de extração e ou caimento do teto da galeria, o que inviabilizaria a sua continuidade.

Os depósitos de carvão são extraídos de maneira a formar galerias, onde os pilares são formados pelo próprio mineral que sustenta a cobertura da mina, normalmente com 5 a 10 metros de largura por 30m de extensão. Este processo deixava ao final da lavra grandes depósitos do mineral em seus pilares de sustentação. A Figura 7, representa graficamente uma situação de lavra subterrânea, com as

galerias abertas, os pilares ainda existentes, suas entradas de ar e a saída para escoar a produção.

Figura 7 – Lavra de Carvão Subterrânea

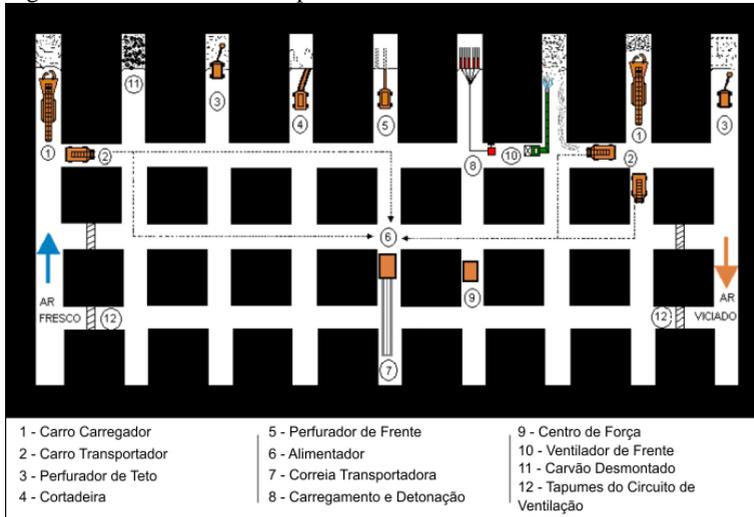


Fonte: Enciclopédia Britânica (2018 não p.).

Pelo método da lavra subterrânea, como identificado pela Figura 8, nota-se a existência de pilares de sustentação, representados pelos quadrados “pretos” (área não explorada), dentre as galerias ou painéis. Segundo Zingano (2007, p. 219) os pilares possuem a função de proteger o painel<sup>3</sup> em operação contra a transferência de pressão imposto pelos painéis de lavra adjacentes.

<sup>3</sup> Painel, termo empregado comumente nas frentes de lavra, para designar a galeria de produção

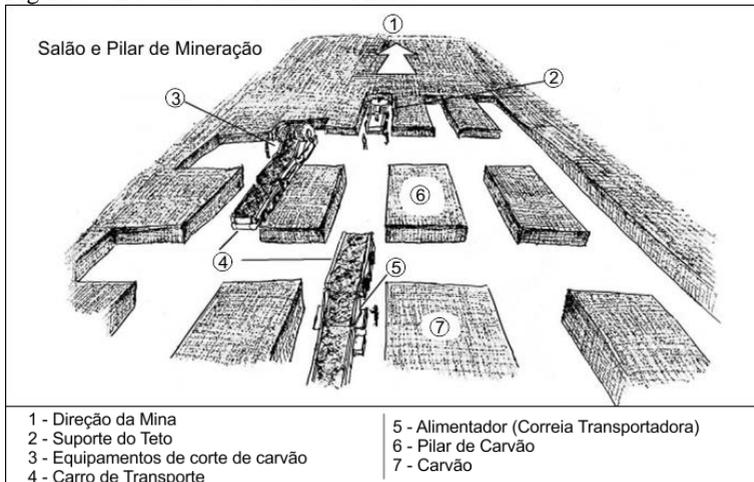
Figura 8 – Método de Lavra por Câmara e Pilares



Fonte: Kurcewicz (2004, p. 47).

A Figura 9 detalha o modelo de lavra, sua direção de exploração, com a permanência dos pilares a cada nova frente de painel e sua reserva ainda não explorada em cada pilar.

Figura 9 – Desenho dos Painéis e Pilares



Fonte: Pieper (2017, não p.).

Silva (2014, p. 134) explica que a lavra em câmara e pilar é feita em dois tempos. No primeiro avança-se deixando os pilares para sustentar o teto do salão. Quando se chega ao fim do painel, começa-se a retroceder retomando o material dos pilares.

O mesmo autor ainda esclarece que durante o processo de exploração e remoção dos pilares é possível ocorrer a subsidência, e conceitua o termo como sendo a “deformação ou deslocamento de direção essencialmente vertical descendente, manifestando-se por afundamento do terreno”. Este fenômeno se dá pelo desabamento do teto dos salões, galerias ou desmoronamento dos pilares.

A Figura 10 mostra um pilar de sustentação da mina Octavio Fontana na cidade de Criciúma. Segundo publicado em seu sítio eletrônico<sup>4</sup> a Prefeitura Municipal de Criciúma afirma que esta é a única mina de carvão aberta à visitação no Brasil.

Figura 10 – Pilar de Sustentação



---

<sup>4</sup> Disponível em <http://www.criciuma.sc.gov.br/site/pontoTuristico/22>

### 3.1.3 Problemas ocasionados pela Exploração em Subsolo

O carvão está entre os recursos minerais com maior reserva mundial a longo prazo, mas também é principal fonte geradora de impacto ambiental, como coloca Torrezani e Oliveira (2013, p. 509) em seu artigo científico. Relata também que mesmo com suas vantagens econômicas, quando extraído e processado, tem impacto negativo aos ambientes naturais e urbanos, gerando problemas ambientais irreversíveis a curto prazo. Pode-se citar como resultado dos passivos ambientais:

- Drenagens ácidas, decorrente da disposição incorreta de rejeitos;
- Formação de lagoas ácidas;
- Contaminação do lençol freático;
- Chuva ácida, decorrente da emissão de poluentes atmosféricos;

Dentre os problemas ambientais decorrentes da atividade, será analisado o conceito dos problemas relacionados a extração de carvão, que impactam diretamente as áreas superficialmente ocupadas. Silva (2014, p. 144) argumenta que o mapeamento e cadastro das áreas mineradas são condições essenciais para o zoneamento das áreas de risco de subsidências, e a difícil forma de comprovação dos danos estruturais em obras civis causados pela atividade exploratória.

#### a) Subsidências de Minas Subterrâneas

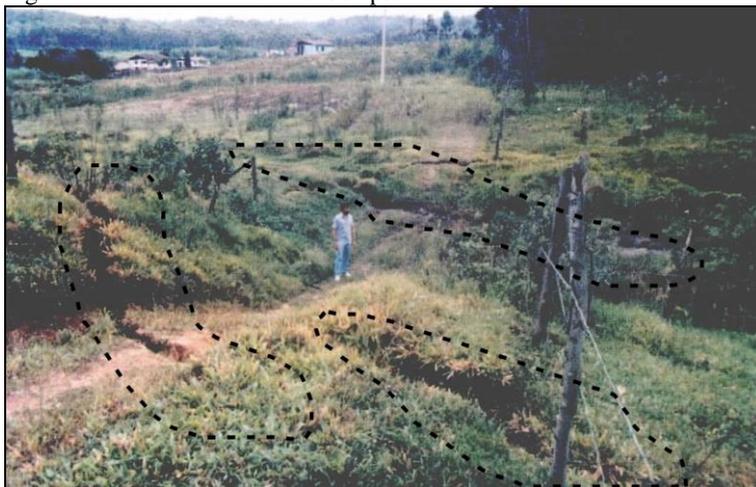
O glossário geológico escrito por Winge (2014, não p.), define subsidência como sendo um processo de rebaixamento da superfície por ações tectônicas. E coloca que a dissolução ou remoção de camadas sedimentares, no caso da remoção das camadas de carvão, pode produzir uma compressão e conseqüente compactação com diminuição de espessura dos estratos que, assim, tem seus fluidos líquidos intersticiais, água predominante, expulsos dos poros, fraturas e fissuras para pontos de mais baixa pressão.

Como visto no item 3.1.1, devido ao método de recuperação de pilares, o problema de ocorrência de uma subsidência está na possibilidade do colapso da cobertura do vazio, gerado pela remoção dos pilares de sustentação, ocasionando o rebaixamento gradativo das

camadas de solo até superfície, apresentando riscos à ocupação desta área.

Segundo relatado por Krebs (1994, p. 26) na região do aeroporto municipal da cidade de Forquilha, verifica-se intenso cruzamento de dois sistemas de falhas e severo fraturamento, o que poderia acarretar rebaixamento do teto das galerias como grande quantidade de água através das fraturas. A Figura 11 detalha também as fissuras superficiais ocorridas na cidade de Criciúma com a subsidência de uma galeria.

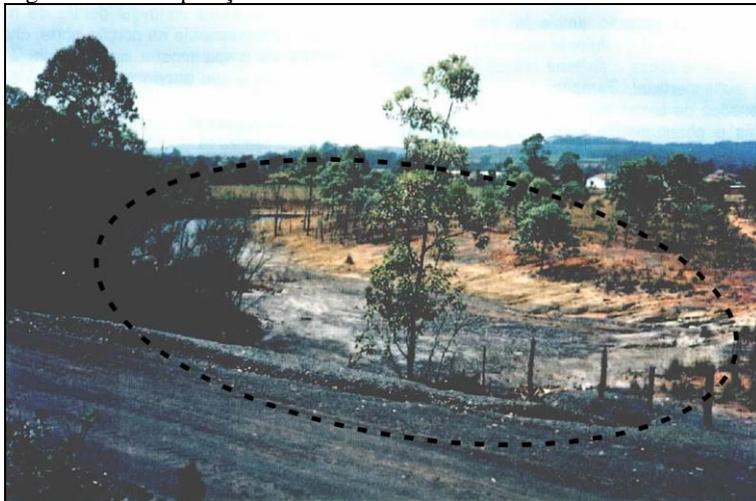
Figura 11 – Fraturamento Pelo Colapso dos Pilares



Fonte: Adaptado Krebs (1994, p. 20).

Krebs (1994, p. 26) cita outros problemas como as perturbações hidrogeológicas, ou rebaixamento do lençol freático decorrente da atividade da mineração na subsuperfície. No distrito de São Sebastião, na cidade de Criciúma, que originalmente era uma área de banhado, devido a atividade de extração de carvão, teve seu nível freático rebaixado, permitindo a ocupação, mas após a exaustão da mina e paralisação do bombeamento das águas da mina, o nível freático retornou a sua posição original, obrigando a comunidade a construir canais de escoamento superficiais. Caso semelhante ocorreu na localidade de São Roque, como mostra a Figura 12.

Figura 12 – Recuperação do Nível Freático em Local de Subsidência



Fonte: Adaptado Krebs (1994, p. 27).

Outros casos de rebaixamento do lençol freático ocorreram nos bairros Santa Augusta e Verdinho ainda na cidade de Criciúma, alguns casos inviabilizando a utilização para fins agropastoris.

#### b) Problemas Estruturais

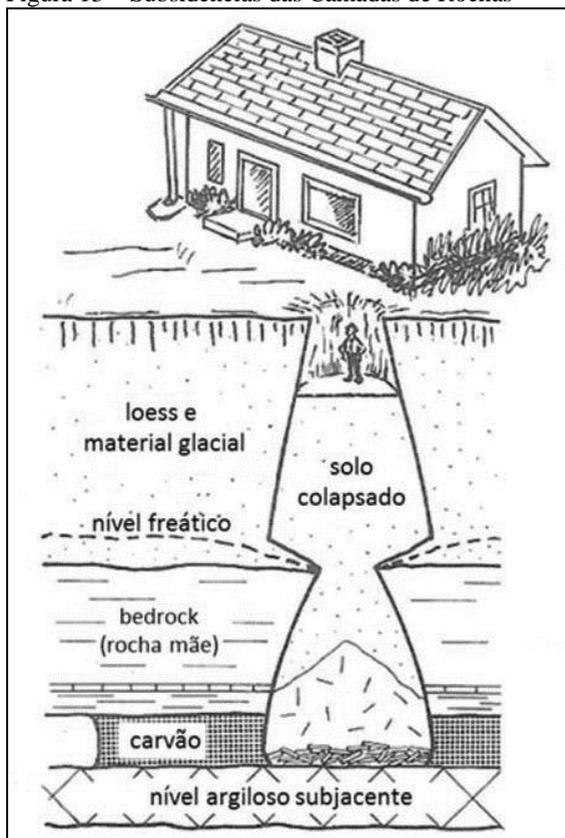
Bandeira (2016, não p.), cita:

A determinação das propriedades geotécnicas do solo é essencial para que se possa conhecer seu comportamento quando empregado em obras de engenharia, seja como material de construção ou como apoio de obras. O desconhecimento destas propriedades pode resultar em problemas como [...] comprometimento de estruturas prediais.

Segundo Silva (2014, p. 138), a construção de edificações e arruamentos sobre áreas mineradas no subsolo resultam em aumento de carga sobre a superfície, e dependendo da espessura da camada de recobrimento, podem acarretar em colapso a superfície de cobertura da galeria de mina. A Figura 13 mostra a representação em perfil de um

evento de subsidência com o efeito na superfície do colapso das camadas de rochas sobrejacentes à camada minerada de carvão.

Figura 13 – Subsidências das Camadas de Rochas



Fonte: Silva (2014, p. 140).

O efeito subsidência ao solo pode apresentar relevante situação de colapso a estrutura das edificações, dependendo da sua forma de fundação. Barros (1996, p. 3) classifica as fundações em diretas e indiretas, de acordo com a forma de transferência de cargas das estruturas para com o solo. Sendo diretas quanto transferem as cargas para as camadas de solo capaz de suportá-las, sem ocorrer a deformação. As indiretas quando transferem a carga por efeito de atrito lateral do elemento com o solo.

Silva (2014, p 138) cita que na cidade de Criciúma, os bairros como Pio Corrêa, Santa Catarina, Maria Céu e São Cristóvão, foram afetados por ocorrências de subsidência. O mesmo, relata um caso especial ocorrido em fevereiro de 1983, na cidade de Criciúma, no conjunto Criciúma III, da Cooperativa Habitacional (COHAB), que fora construído sobre uma mina subterrânea, e com o desabamento do teto de um salão resultou em uma subsidência em forma circular, com sessenta metros de diâmetro e um metro e meio de abatimento no centro danificando onze casas em alvenaria. Em entrevista a funcionários da Companhia de Habitação do Estado de Santa Catarina (COHAB), este conjunto habitacional está localizado junto ao bairro Vila Esperança, no Município de Criciúma. Conforme mostra a Figura 14, fazendo também um contraponto com a área subterrânea lavrada.

Figura 14 – Conjunto Habitacional Vila Esperança



Fonte: Cohab

Silva (2014, p. 139) ressalta também que até o ano de 1981, ainda não havia exigência legal para a avaliação dos impactos ambientais de empreendimentos, no caso o loteamento, mas também os minerários. Isto ocorreria na Lei Federal Nº 6.938/81, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

Considerando a mesma problemática, cita-se o caso do edifício residencial Las Palmas, em destaque na Figura 15, localizado no bairro Pio Corrêa, na rua Gen. Osvaldo Pinto da Veiga, Criciúma/SC. Durante a escavação o construtor recebeu um comunicado da Companhia Nova Próspera, que explorava o carvão daquela área, afirmando que havia sim uma galeria abaixo, o que fora infelizmente confirmado posteriormente.

Figura 15 – Fachada do Edifício Las Palmas



A galeria estava localizada a 12m de profundidade do solo superficial, por este motivo o método de fundação e os cálculos estruturais deveriam ser alterados acarretando em impacto não previsto de tempo e custo na obra. Segundo relatado do responsável pela obra, houve um desejo inicial de cancelar o andamento da construção, porém com mais de 50% das unidades comercializadas a obra continuou. Os técnicos da prefeitura ressaltam que em meados das décadas de 70 e 80, havia grande interesse na construção das edificações verticalizadas, com

destaque para as edificações com até 4 pavimentos, contendo garagem térrea e mais 3 andares superiores. Esta informação fora também confirmada pela Divisão de Planejamento Físico e Territorial do município de Criciúma.

A Figura 16, obtida no trabalho de Bendo (2013, p. 103), destaca que durante uma obra de escavação na parte frontal de uma residência, encontrou-se uma galeria de mina, pela baixa espessura de recobrimento provável camada barro branco, explorada pela CBCA no bairro Operária Nova no município de Criciúma. Pode existir, como visto na imagem, uma grande possibilidade de colapso da cobertura da galeria frente ao peso superficial ocasionado pela edificação, acarretando trincas no imóvel.

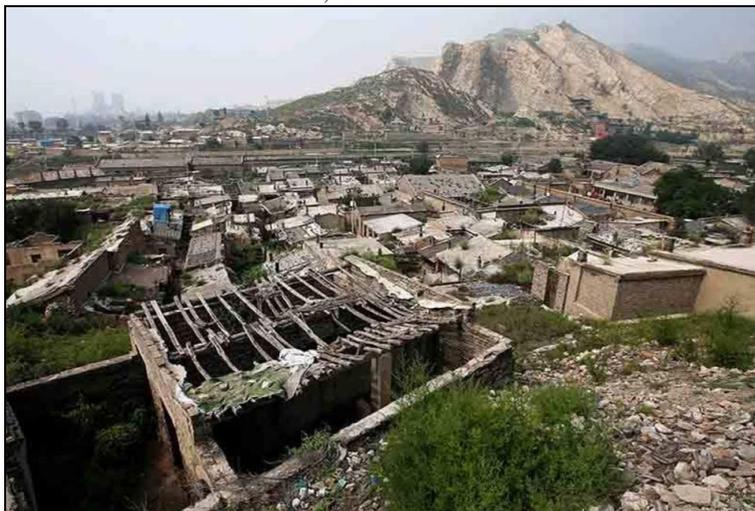
Figura 16 – Galeria de Mina Encontrada Durante Obra em Residência



Fonte: Bendo (2013, p. 103).

Barbosa (2016, não p.), destaca que regiões inteiras do norte da China estão afundando pelo fenômeno conhecido como subsidência. Este evento ocorre devido a intensa exploração de carvão ocorrida nestas regiões. A província de Shanxi, como mostra a Figura 17, é uma das mais afetadas e o custo estimado para realocar 650 mil habitantes aproxima-se aos US\$ 2,36 bilhões.

Figura 17 – Casas abandonadas em área onde a terra está afundando perto de uma mina de carvão em Shanxi, China



Fonte: Barbosa (2016, não p.).

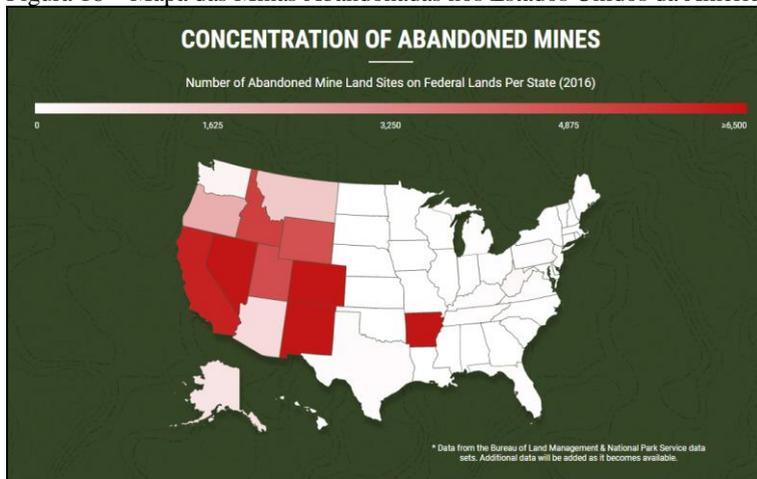
Segundo a FEAM (2016, p. 16) a temática de minas abandonadas vem sendo tratada em diversos países com vocação mineral, as minas abandonadas sem o descomissionamento tem gerado contaminação ambiental e colocado em risco as vidas das populações em seu entorno ou sobre ela. O continente Europeu é pioneiro no levantamento e no gerenciamento das minas abandonadas, devido ao grande número de minas inativas em seu território.

Em Portugal, até setembro de 2011 já haviam sido mapeadas mais de 175 áreas consideradas degradadas e que deveriam ser reabilitadas. Na França, a região de Nord-Pas de Calais, fronteira com a Bélgica, é conhecida pela exploração de carvão desde de 1720, o passivo ambiental oriundo da mineração identificado no período de 1991 a 2004 é de mais de 4.750 hectares com gastos estimados na

ordem de 150 bilhões de euros, conforme detalha a Fundação Estadual do Meio Ambiente do Estado de Minas Gerais (FEAM, 2016, p. 8).

Os Estados Unidos apresenta um Sítio eletrônico no qual mostra o número de minas abandonadas por estados, descreve o tipo de mina abandonada e seus riscos ambientais e humanos, bem como permite também acrescentar relatos de minas abandonadas. A Figura 18 mostra que a costa Oeste dos Estados Unidos é a região com maior concentração minas abandonadas, o Portal de Minas Abandonadas (ABANDONED MINE PORTAL, 2016, não p.) estima que existam mais de 500 mil minas abandonadas no país.

Figura 18 – Mapa das Minas Abandonadas nos Estados Unidos da América

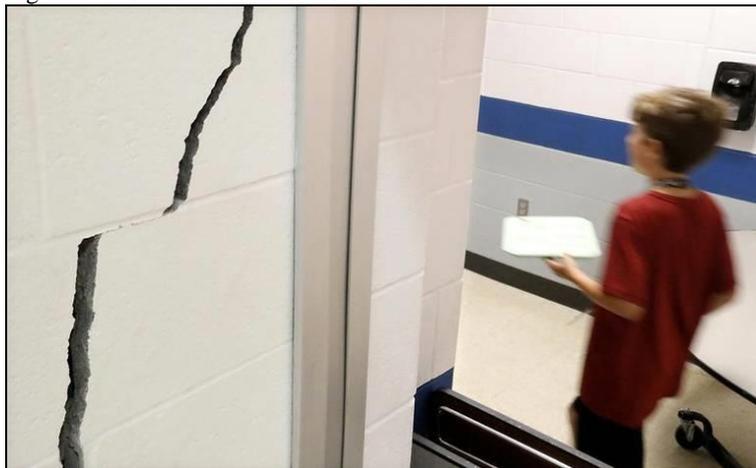


Fonte: Abandoned Mine Portal (2016, não p.).

A falta de um cadastro efetivo das galerias de minas pode trazer grandes prejuízos financeiros e ainda vitimar gravemente os cidadãos. No distrito de Wolf Branch em 2017, na cidade de San Luis, no estado de Illinois (EUA), estudantes da Wolf Branch Middle School tiveram suas aulas paralisadas e a escola evacuada por apresentar rachaduras em sua estrutura, conforme mostra a Figura 19. O Departamento de Recursos Naturais do Estado de Illinois (IDNR, EUA) declarou que a Escola Wolf Branch Middle School está sobre uma mina abandonada que operou nos anos de 1894 a 1940, e que a subsidência, ou afundamento gradual, está afetando cerca de três hectares de terra, e também atinge outras escolas da região. Os custos para o preenchimento

de uma mina abaixo da escola, poderiam chegar a mais de U\$ 25 milhões (BND, 2017, não p.).

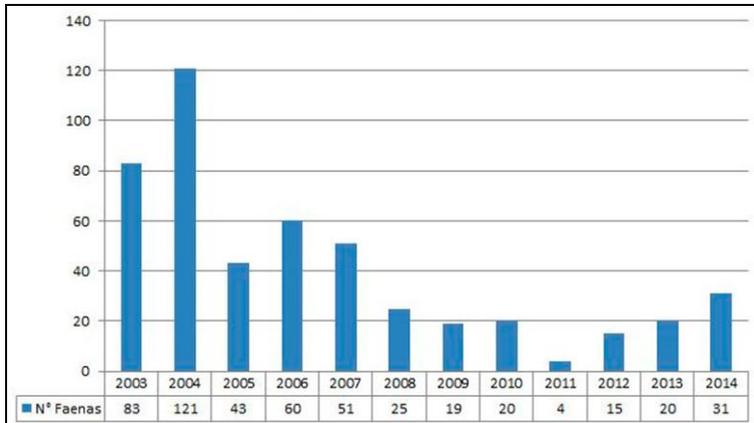
Figura 19 – Rachadura em Escola Americana



Fonte: BND News (2017, não p.).

No Canadá, segundo FEAM (2016, p. 9), estima-se que existam mais de 6 mil minas abandonadas, na Austrália mais de 50 mil. O autor ainda estima que na América Latina, especificamente no Perú existam cerca de 152 minas abandonadas. Segundo Serviço Nacional de Geologia do Chile - Sernageomin, no país foram localizados, de 2008 a 2014, um total de 492 minas em situação de abandono ou paralisação segundo seu sitio eletrônico e representado pelo Gráfico 2.

Gráfico 2 – Levantamento de Minas Abandonadas ou Paralisadas no Chile



Fonte: FEAM (2016).

Em matéria divulgada por Thornhill (2016, não p.), relata que o fim da II Guerra Mundial, devido ao fim da hostilidade na Europa a demanda pela extração de carvão caiu, fazendo acelerar o processo de abandono das minas subterrâneas. Na antiga União Soviética, como mostra a Figura 20, apresenta uma destas minas abandonadas, que foi evacuada rapidamente por apresentar vazamentos de gás.

Figura 20 – Mina Abandonada, Montes Urais - Rússia



Fonte: Thornhill (2016, não p.).

Com mais 30 milhões de quilômetros quadrados, o continente Africano também possui grandes reservas minerais, fato proporcionado em razão de sua formação geológica, que é da idade pré-cambriana, predominante das eras Arqueozoica e Proterozoica (FRANCISCO, 2018, não p.).

A Figura 21 detalha o sistema de divulgação minerária no país de Camarões, mostrando as áreas com permissões de exploração, o nome da empresa, data da licença, quais as commodities exploradas, e sua área de exploração. De modo similar ao brasileiro, o sistema cadastral minerário africano não apresenta uma cartografia mais detalhada representando as frentes de lavra e permitindo a exata localização das galerias.

Figura 21 – Cadastro de Áreas Mineradas – Camarões



Fonte: Flexicadastre (2018).

## 3.2 LEGISLAÇÃO

### 3.2.1 A competência do Estado sobre a Mineração

A propriedade dos minérios, bem como a pesquisa e a exploração dos mesmos, são bens e competência da União, respectivamente, citados pela Constituição Federal de 1988 em seu Artigo 20, parágrafo IX:

*Art. 20. São bens da União:* os recursos minerais, inclusive os do subsolo;

Em Artigo 176:

[...] jazidas, em lavra ou não, e demais recursos minerais e os potenciais de energia hidráulica constituem propriedade distinta da do solo, para efeito de exploração ou aproveitamento, e pertencem à União, garantida ao concessionário a propriedade do produto da lavra.

E em seu §1, do mesmo artigo 176, cita-se que é de competência da União autorizar a concessão das áreas para exploração e assegura, em seu §2, que na fase de exploração, o proprietário do solo terá participação financeira nos resultados da lavra.

Segundo Agência Nacional de Mineração, o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) é o órgão governamental encarregado de gerir e fiscalizar o exercício das atividades de mineração em todo o território nacional, zelando para que o aproveitamento dos recursos minerais seja realizado de forma racional, controlada e sustentável, resultando em benefício para toda a sociedade. O DNPM, é uma autarquia federal criada pela Lei Federal 8.876 de 2 de maio de 1994, e está vinculada ao Ministério de Minas e Energia (ANM, 2018, não p.).

Herrmann (2008, p. 13) relata que em matéria de mineração, o Código de Mineração – o Decreto Lei Nº 227 de 28 de fevereiro de 1967, continua sendo o principal diploma legal. Em seu Art. 1 consta que é de competência da União:

[...] administrar os recursos minerais, a indústria de produção mineral e a distribuição, o comércio e o consumo de produtos minerais.

Mas o Decreto Federal Nº 62.934 de 2 de julho de 1968 faz a aprovação e Regulamentação do Código de Mineração, e altera alguns artigos da lei 227. Este decreto fora assinado pelo Presidente da República Artur Costa e Silva, e em seu art. 11, parágrafo único, define que a autorização da lavra depende do alvará cedido pelo Ministro de Minas e Energia, e acompanhadas da planta da respectiva área; bem como a matrícula de registro do garimpeiro (Brasil, 1968). O art. 24 cita que o Alvará de Autorização de Pesquisa deverá conter a indicação das propriedades compreendidas na respectiva área. O art. 48, parágrafo 3, determina que o requerimento de concessão de lavra deva ser sucedido pela “Planta Cadastral da Área”, com precisão e clareza, determinando assim uma espacialização da área a ser explorada.

Por esta lei, pode-se verificar a preocupação com os aspectos cadastrais territoriais da área de interesse, mas infelizmente não se constata absolutamente nada na referida lei sobre a divulgação das frentes de lavra subterrânea. Um dos fatores que pode explicar esta despreocupação seria com relação ao não conhecimento do perfil estratigráfico, ou que não houvesse o pagamento do Direito Minerário junto ao dono da parcela em superfície.

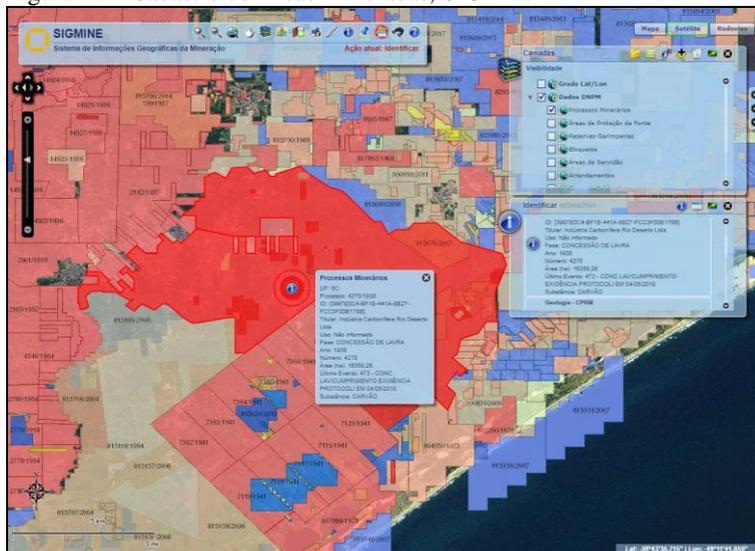
Ainda pelo decreto Federal 62.934, o art. 114, ao DNPM compete a responsabilidade de controlar e fiscalizar o exercício das atividades de mineração no país, assim para melhor gerir essa atividade foi desenvolvido em nov. 2010 o Sistema de Informação Geográfica da Mineração (SIGMINE). Segundo relatado em seu Sítio Eletrônico (DNPM, 2018, não p.), o SIGMINE tem por objetivo ser um sistema de referência na busca de informações relativas às áreas dos processos minerários cadastrados junto ao DNPM, sendo associadas a outras informações geográficas de interesse ao setor produzidas por órgãos públicos, proporcionando ao usuário consulta aos dados e análises relacionais de caráter espacial.

No Brasil o portal SIGMINE<sup>5</sup> apresenta somente os polígonos das áreas mineradas ou em processo minerário de concessão com visto pela Figura 22.

---

<sup>5</sup> SIGMINE disponível em <http://sigmine.dnpm.gov.br/webmap>

Figura 22 – Cadastro de Áreas Mineradas, SIGMINE



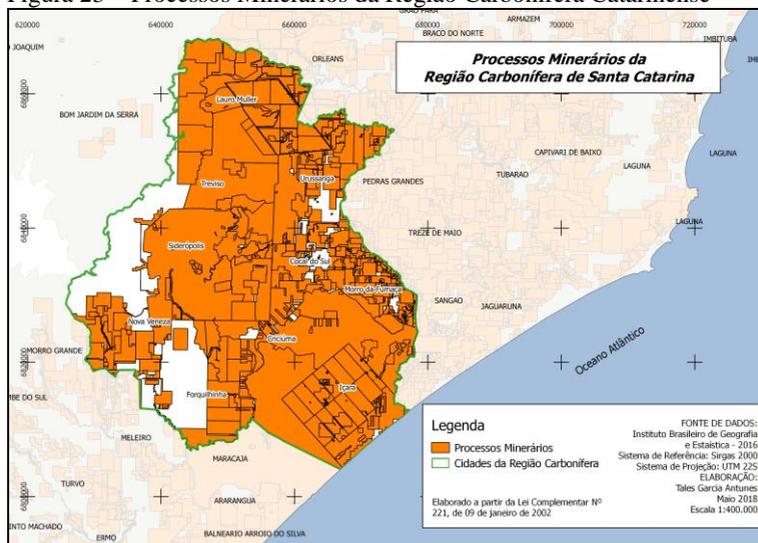
Fonte: Sítio Eletrônico DNPM (2017).

O SIGMINE é um sistema de Informações Geográficas relativos aos processos minerários que ocorrem no Brasil, apresentando graficamente os polígonos limites das áreas de concessão, mas o sistema não disponibiliza ao usuário informação do avanço da lavra ou dados de localização das galerias de minas.

Ainda pelo decreto Federal 62.934, o seu art. 20, confere aos Municípios participação nos resultados e compensação financeira pela atividade de exploração mineral. O art. 23, define ainda a competência dos Municípios em registrar e acompanhar as fiscalizações das concessões de direitos de pesquisa e exploração de recursos hídricos e minerais em seu território.

De acordo com dados do SIGMINE (DNPM, 2018, não p.), detalhado pela Figura 23, o grande parte do polígono formado pelo municípios integrantes da Região Carbonífera Catarinense possui processo minerário.

Figura 23 – Processos Minerários da Região Carbonífera Catarinense



### 3.2.2 Código de Mineração

O Decreto-lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967, cria o denominado Código da Mineração, que foi pensado a partir da descoberta do minério de ferro na Serra dos Carajás (HOEFLICH; TRZASKOS, 2015, p. 452). Determina em seu art.1 que compete a União organizar a administração, a produção e o comércio dos recursos minerais no Brasil.

O código garante, em seu art.11, o direito a participação do proprietário do solo nos resultados de lavra, como forma de compensação financeira, e no art. 15 responsabiliza o Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM pela autorização de pesquisa. O decreto em seu art. 85 também define que o limite da lavra subterrânea é o perímetro superficial da área titulada.

### 3.2.3 Plano Diretor Municipal

Saboya (2013, p. 82) destaca que planejamento é um processo que determinará as ações futuras através de uma sequência de escolhas. O autor afirma que decisões estão no cerne de todo processo de planejamento, e necessita de uma interação do processo de planejamento em incorporar novos elementos de simulações, modelos, mapeamentos,

dados e outros para a efetividade nos processos decisórios ao planejamento urbano. Schwerz (2018, não p.) afirma que há necessidade de conhecer o passado para projetar o futuro, quando faz menção em mapear o patrimônio de uma região para projetar o futuro dela.

Por estar na Região Carbonífera e caracterizar melhor os objetivos da pesquisa, toma-se por referência o cadastro territorial do município de Criciúma no tocante a criação de mecanismos legais para classificação das áreas de mineração.

Com o não cumprimento das políticas de ordenamento territorial, fez-se com que as ocupações das áreas na cidade de Criciúma, assim como na região Carbonífera, não seguissem aspectos qualitativos, o zoneamento urbano decorreu de uma ocupação oriunda da atividade e interesses econômico da época. A influência das mineradoras sobre sua mão de obra fez aparecer os bolsões de ocupações, deve-se a esta a criação dos bairros e localidades de Criciúma e Região Carbonífera.

Segundo Preis (2012, p. 75) a cidade de Criciúma teve até a data atual 5 projetos de planejamento urbano, destaca-se entre eles:

- O Plano Diretor de 1957 que definia os limites urbanos e rurais, com a finalidade fiscal, destaca-se a criação da avenida axial que se localizava ao longo da ferrovia, atual avenida Centenário;
- Plano Diretor de 1973, definiu as áreas edificáveis no Município, e classificou a área urbana por sua concentração, em alta, média e baixa. Propôs melhorias na infraestrutura existente, com novas avenidas e espaços públicos; em seu art. 8 ficou definido que para construções situadas em áreas mineradas seria exigida uma comprovação técnica da capacidade das fundações frente ao assentamento das galerias.
- Plano Diretor de 1984, em época de democracia, a revisão desse plano passou a regular o uso e ocupação do solo, definindo também a divisão territorial e o zoneamento, criando as zonas Residenciais, de Uso Misto, Industriais, Uso Público, Zonas Verdes e Áreas Especiais;
- Plano Diretor de 1999, esse plano passou a ter um caráter mais técnico, por ter o apoio de consultores externos bem como a participação da equipe técnica da prefeitura. Este plano previu o planejamento de acordo

com o crescimento demográfico do Município, prevendo a expansão territorial em acordo com os novos loteamentos;

- Plano Diretor de 2012, nela as Zonas Mineradas em Subsolo passaram a ter uma subsecção exclusiva delimitando as áreas mineradas com seus mapas em anexo, e corroborou com o Plano de 1973, obrigando, em seu art. 155 § 3, com o fato de que qualquer obra de engenharia sobre Zonas Mineradas em Subsolo (ZMIS), deve realizar estudos geotécnicos e serem aprovados pelos órgãos municipais de Planejamento, Meio Ambiente e demais. O Plano Diretor avança para a condição de obrigatoriedade dos mapas de áreas mineradas.

#### a) O Cadastro Territorial Urbano da Região Carbonífera

Igualmente, como grande parte nos municípios Brasileiros, o Cadastro Territorial está ligado a algum Secretária, ou de Planejamento, ou Obras. O setor está destinado a fornecer dados para a Secretaria da Fazenda que tem a competência de gerar os cálculos para os impostos municipais. Em alguns casos o setor está subutilizado, não exercendo sua real função no Planejamento do Território. Podemos citar como exemplo as atribuições do Departamento de Cadastro Territorial do Município de Criciúma - DPFT, que está diretamente subsidiado junto a Secretaria Municipal de Infraestrutura, Planejamento e Mobilidade Urbana:

- Atualização dos dados cadastrais para fins de lançamento de impostos e taxas municipais;
- Expedição de certidões de averbação e demolição de construções;
- Expedição de certidão para atualização das confrontações, conforme cadastro imobiliário;
- Elaboração de anteprojeto para elaboração de lei de denominação das ruas;
- Atualização da base cartográfica para fins de lançamento de impostos e taxas municipais.

No Brasil, o modelo conceitual do Boletim foi implantado pelo Ministério da Fazenda com a criação do Convênio de Incentivo ao

Aperfeiçoamento Técnico/Administrativo das Municipalidades – CIATA. Segundo Loch e Erba (2007, p. 103) o Boletim de Cadastro Imobiliário (BCI) é um registro cadastral que compreende os dados alfanuméricos das parcelas e proprietários. O autor descreve também, que com o Projeto CIATA<sup>6</sup> teve casos de sucesso em várias cidades, a exemplo do município paranaense Piraquara que em apenas um ano passou de 1.500 para mais de 60.000 parcelas cadastradas. Descreve ainda que este conjunto de normas e ações do Projeto Ciata, levou o Congresso Nacional a aprovar o Estatuto da Cidade<sup>7</sup>, que surge como diretriz geral para estabelecer normas de ordem pública e interesse social que regulem o uso da propriedade urbano.

Entre seus artigos, a lei Federal Nº 10.257/2001 define:

art. 2º A política urbana tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana, mediante as seguintes diretrizes gerais:

I – Garantia do direito a cidades sustentáveis, entendido como o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infraestrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as presentes e futuras gerações;

II – Gestão democrática por meio da participação da população e de associações representativas dos vários segmentos da comunidade na formulação, execução e acompanhamento de planos, programas e projetos de desenvolvimento urbano;

[...] IV – planejamento do desenvolvimento das cidades, da distribuição espacial da população e das atividades econômicas do Município e do território sob sua área de influência, de modo a evitar e corrigir as distorções do crescimento urbano e seus efeitos negativos sobre o meio ambiente;

---

<sup>6</sup> O Projeto Ciata - Convênio de Incentivo ao Aperfeiçoamento Técnico-Administrativo das Municipalidades, implantado em setembro de 1977, foi o principal responsável pelo início da informatização das prefeituras municipais.

<sup>7</sup>Estatuto da Cidade: Lei Federal Nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Disponível em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/LEIS\\_2001/L10257.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/LEIS_2001/L10257.htm)

[...] VI – ordenação e controle do uso do solo, de forma a evitar:

[...] f) a deterioração das áreas urbanizadas;

g) a poluição e a degradação ambiental;

h) a exposição da população a riscos de desastres;

[...]

Destaca-se nesta lei, no art. 2º Parágrafo VI, alínea H, que é função desta lei ordenar e controlar o uso do solo afim de evitar a exposição da população a riscos de desastres.

#### b) Referência Cadastral

O Manual do Cadastro Imobiliário realizado pelo projeto CIATA (BRASIL, 1980, p. 14) declara Referência Cadastral como sendo a atividade que consiste em demarcar os distritos e setores da área urbana, codificando-os como as quadras contidas em cada setor. O Código/Número dos imóveis é composto por uma combinação de dígitos que definem, individualmente a parcela, em uma determinada localização geográfica espaço na área urbana do município.

#### c) Inscrição Imobiliária

A inscrição imobiliária, é o número de inscrição do imóvel junto ao Cadastro Imobiliário do Município<sup>8</sup>. Nesse cadastro, estão inseridas as informações relativas a localização do imóvel, sua área territorial e construída, quadra, lote e ao proprietário.

Silva (1999, p. 57) detalha a importância da identificação do imóvel por sua inscrição cadastral para o bom funcionamento do cadastro territorial, “*este elemento é uma chave de acesso única que permite identificar plenamente qualquer bem imóvel de maneira singular*”. Silva (2001, p. 1) relata que a numeração definida para Inscrição Imobiliária se dá por uma sequência relativa a localização da parcela no espaço municipal, seguindo obrigatoriamente a combinação Setor/Quadra/Lote/Unidade e Subunidade, como discriminados:

---

<sup>8</sup>Descrita

em:

[https://www38.receita.fazenda.gov.br/cadsincnac/jsp/coleta/ajuda/topicos/Nu\\_mero\\_da\\_Inscricao\\_Imobiliaria.htm](https://www38.receita.fazenda.gov.br/cadsincnac/jsp/coleta/ajuda/topicos/Nu_mero_da_Inscricao_Imobiliaria.htm)

- **Distrito:** corresponde ao distrito onde o imóvel está inserido. O Município apresenta três distritos, a saber: Sede, Rio Maina e Quarta Linha;
- **Setor:** corresponde ao setor onde o imóvel está inserido. Os setores estão numerados de 01 a 99 dentro dos distritos 00 e 02 (Sede e Quarta linha), e 100 em diante para setores contidos no distrito 01(Rio Maina);
- **Quadra:** a quadra é o polígono definido pelo sistema viário. A sua numeração é feita dentro de cada setor. Estas são numeradas (1 à n) dentro de cada setor e pode haver intervalos numéricos, que deverá ser observado na planta de setorização (ou Planta de Referência Cadastral);
- **Lote:** cada lote recebe um número inteiro resultante do acúmulo métrico das testadas (incluindo a sua), somadas a partir do vértice da quadra (cruzamento de logradouros) que estiver mais próximo da origem do sistema. A numeração dos mesmos deve ser observada na planta de quadra;
- **Unidade:** corresponde a edificação ou edificações dentro de um lote;
- **Subunidade:** corresponde a edificação ou edificações amarradas a uma unidade principal. A subunidade será preenchida somente nos casos de condomínio.

O projeto CIATA também define a realização de todas as operações de demarcações dos distritos e áreas urbanas, com a finalidade na obtenção dos elementos necessários para a elaboração da Planta de Referência Cadastral<sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup> NBR 14166:1998, define Planta de Referência Cadastral, Planta planimétrica elaborada a partir da planta geral do município na escala 1:5000 ou 1:10000, para gestão municipal integrante dos cadastros técnicos municipais, apresentando, no seu conteúdo básico, hidrografia, o sistema viário, com sua denominação, a codificação de zonas, de quadras para amarração do Sistema Cadastral Imobiliário, sendo nela locados todos os novos loteamentos aprovados e as alterações do sistema viário, quando então, a partir destas modificações, serão alteradas ou criadas novas plantas de quadras do Cadastro Imobiliário Fiscal.

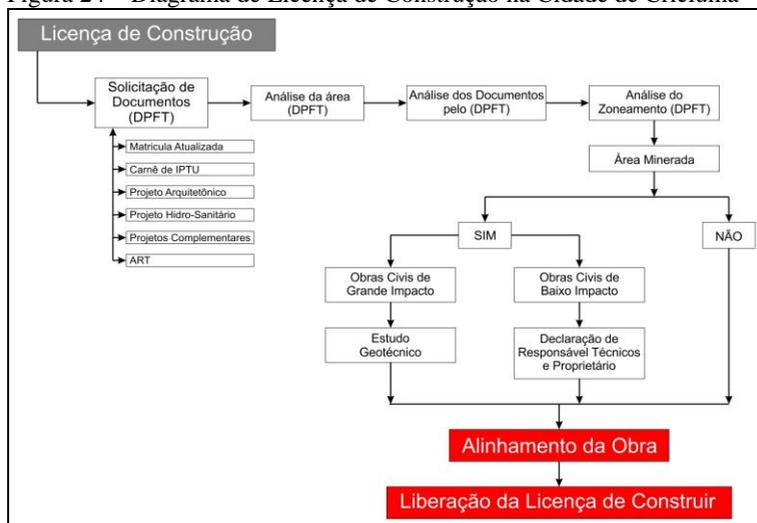
#### d) Alvará de Construção em Área Minerada

O alvará de construção tem a finalidade de garantir que a obra foi aprovada segundo critérios técnicos do município, respeitando as questões urbanísticas legais, e definir um prazo e o responsável pela obra (REXPERTS, 2016, não p.). Este alvará após ser emitido pela prefeitura deve estar presente ao canteiro de obras para possível fiscalização.

Como exemplo mais peculiar, na cidade de Criciúma a solicitação de Alvará de construção é realizada junto ao Departamento de Planejamento Físico Territorial - DPFT.

O Diagrama apresentado pela Figura 24, representa as etapas pela qual as licenças de construção de imóvel no Município de Criciúma devem respeitar, coloca em evidencia a análise do zoneamento, segundo o Plano Diretor Municipal, das áreas mineradas. O município possui um mapeamento dos polígonos das áreas de concessão mineradas, fornecidos pelo DNPM e adicionados ao Plano Diretor, estas zonas são chamadas Zonas Mineradas em Subsolo (ZMIS).

Figura 24 – Diagrama de Licença de Construção na Cidade de Criciúma



Fonte: Adaptado Prefeitura Municipal de Criciúma, 2018

Destaca-se nesta Figura 24, que ao detectar uma solicitação de construção em área minerada, e quando obra de grande impacto, ou seja, como sendo edificações verticalizadas com mais de 1 pavimento,

conforme relatado pelos técnicos do DPFT, exige-se sondagem, conforme a lei complementar nº 95 de 2012<sup>10</sup>, quando cita em seu Art. 155 § 3º:

Qualquer obra de engenharia, arquitetura ou de outra espécie nas áreas mineradas de Criciúma, Zona Mineradas em Subsolo (ZMIS), apontadas no Anexo 11: Mapa de Áreas Mineradas, deverão ser precedidos de estudos geotécnicos que definam com clareza os métodos de extração, limites e profundidades das mesmas, para a adequação do local ao seu uso proposto; devendo as mesmas serem analisadas previamente pelos órgãos municipais de Planejamento, Meio Ambiente e demais, assim como pelo Conselho de Desenvolvimento Municipal - CDM, para posterior parecer autorizando, ou não, seus parâmetros de Uso e Ocupação do Solo, sendo válidos os mais restritivos, sobre tudo ao que compete ao número máximo de pavimentos, para a referida zona onde está se encontre.

E ainda relatado pelos técnicos, a obrigatoriedade, em caso de obra que não ocasione impacto, do preenchimento de uma declaração que isente a prefeitura municipal de qualquer responsabilidade por dano estrutural ocorrido ao imóvel, sendo de responsabilidade do Técnico e Proprietário.

Segundo os técnicos da DPFT, anterior a lei do Plano Diretor a questão das áreas mineradas era de competência exclusiva do DNPM, que respondia todos os problemas estruturais ocasionados.

#### e) Fiscalização da Atividade de Mineração

A Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM atua na coleta de dados com a finalidade de cadastrar todas as minas abandonadas de carvão no estado de Santa Catarina. Até o ano de 2008, foram cadastradas aproximadamente 768 bocas de minas na Região Carbonífera. Segundo Amaral (2009, p. 397), e corroborado por entrevista a um Engenheiro de Minas do DNPM, estima-se, que no

---

<sup>10</sup> Institui o plano diretor participativo do município - PDPM de Criciúma, e dá outras providências.

Município de Criciúma deve haver atualmente mais de mil pontos de bocas de minas.

Segundo relatado por Krebs (1994, p. 26) DNPM no ano de 1983 firmou convênio com a CPRM para realizar implantação de uma equipe de campo em Criciúma, com a finalidade de fiscalizar as formas de mineração do carvão, efetuando vistorias em todos os setores das minas, desde as áreas de produção, meio ambiente, segurança e higiene. Dentre os tópicos abordados no Plano Anual de Lavra (P.A.L)<sup>11</sup>, os técnicos analisariam as planilhas de cálculos, quanto ao dimensionamento dos pilares da mina, a fim de não permitir qualquer dano à superfície.

### 3.3 TOPOGRAFIA DE MINAS E O CADASTRO

Silva (2015, p. 4) descreve que a palavra Topografia é de origem grega, advinda das palavras *topos*, que significa “lugar”, e *graphein*, que significa “descrever”, ou seja, o nome indica, *topografia* como sendo a descrição e a representação gráfica de um lugar, ou os elementos que o compõem. E as medições da superfície física terrestre, a partir de métodos topográficos se dá o nome de *levantamento topográfico*.

De acordo com o item 3.12 da norma ABNT 13.133 (1994, p. 3), levantamento topográfico é definido como:

Conjunto de métodos e processos que, através de medições de ângulos horizontais e verticais, de distâncias horizontais, verticais e inclinadas, com instrumental adequado à exatidão pretendida, primordialmente, implanta e materializa pontos de apoio no terreno, determinando suas coordenadas topográficas. A estes pontos se relacionam os pontos de detalhes visando à sua exata representação planimétrica numa escala predeterminada e à sua representação altimétrica por intermédio de curvas de nível, com equidistância também predeterminada e/ ou pontos cotados.

Tuler e Saraiva (2014, p. 18), descreve como sendo de grande importância a topografia, por fazer-se conhecer todos os elementos

---

<sup>11</sup> Relatório anual das atividades realizadas, em atendimento ao inciso VI do art. 50 do Código de Mineração.

naturais e artificiais na concepção de qualquer obra de engenharia. Coloca também que dentre as várias áreas de Engenharia que utilizam a Topografia, a Geologia, Geotecnia e Mineração utilizam-se deste método para demarcação de jazidas, demarcação de áreas de risco, locação de fundações e poços, locação de frentes de lavras, etc. O Autor ainda cita a divisão da topografia em:

- Planimetria – métodos e instrumentos de medidas de ângulos e distâncias, considerando um plano horizontal;
- Altimetria – métodos e instrumentos de distâncias verticais ou diferenças de níveis e ângulos verticais;
- Planialtimetria – aplica técnicas da Planimetria e altimetria para a construção da planta com curvas de nível;

Segundo o Manual de Normas Técnicas de Topografia Mineira (BRASIL, 1986, p. 7) a topografia de minas consiste no conhecimento dos instrumentos e métodos que se designam a efetuar a representação do espaço lavrado, seja superficial ou subterrânea, e representar este levantamento em planta, afim de manter uma cópia fiel do limite lavrado.

O manual de Normas Técnicas de Topografia Mineira (BRASIL, 1986, p. 3), foi desenvolvido pela Equipe Técnica do Carvão da Seção de Lavra e Beneficiamento, da Divisão de Fomento, para disciplinar e viabilizar as ações do DNPM frente a evolução da exploração subterrânea. O manual, descreve ainda em sua Introdução, que fora desenvolvido para aplicação em toda extração mineral subterrânea, utilizando como base a extração do carvão mineral. Esta norma tem como finalidade disciplinar a execução dos levantamentos topográficos das obras, seja em sua precisão ou na elaboração correta dos mapas, plantas e seções. Dentre as regras gerais descritas pela Norma, o topógrafo da mina necessitará de uma autorização do DNPM, qualificando-o para o exercício da atividade de topografia de minas, descreve também que não admite quaisquer trabalhos de desenvolvimento da mina sem um topógrafo devidamente autorizado.

Montijo (2015, não p.) descreve como atividade de suma importância da topografia, no subsolo, o correto dimensionamento das galerias, garantindo a vida útil da lavra e mantendo um layout adequado.

Esta Norma Técnica de Topografia Mineira (BRASIL, 1986, p. 9), delimita a real função ao exercício da atividade de topografia de minas, e determina a criação do mapeamento das frentes de lavra, e

obriga que toda companhia mineira deva elaborar e completar com frequência os mapas e plantas de todas as escavações subterrâneas e de superfície. Ela, determina também, a colocação de alguns pontos de nível<sup>12</sup> junto a superfície para identificação do avanço das galerias, o que poderia ser utilizado mais tarde para confirmação de algum tipo de perturbação estrutural em imóveis. Esta norma, determina ainda, que as Companhias de Exploração Mineral devam implantar uma rede de pontos de triangulação com coordenadas planas Universal Transversa de Mercator (UTM), afim de facilitar os levantamentos topográficos, e ao decorrer dos levantamentos, os novos pontos serem anexados a uma nova rede ou a uma já existente.

No Manual de Normas Técnicas, em seu capítulo 3 - Mapas e Plantas, determina quais os elementos devem ser apresentados na elaboração das plantas, qual sua referência geográfica, sua escala e demais referências a área de concessão e de lavra. Em seu subitem, tem-se ainda os elementos necessários a representação das plantas para minas subterrâneas, que devem constar entre eles:

- Limites da Concessão<sup>13</sup>;
- Perímetro das minas;
- Limites da área de mineração;
- Áreas mineradas;

A Norma Técnica de Topografia Mineira determina o indicativo em planta a cota da lapa da camada<sup>14</sup>, ou lapa da galeria, este detalhamento permitirá saber qual o recobrimento total a superfície, valor que será necessário para adicionar a feição altimétrica junto ao cadastro das galerias existentes.

Tuler (2014, p. 134) define que a Altimetria trata dos métodos e instrumentos topográficos empregados no estudo e representação do relevo do terreno, efetuando-se medidas consideradas num plano vertical.

Segundo Silva (2015, p. 30) pode-se determinar por meio de levantamentos altimétrico as altitudes ou diferenças de alturas entre

---

<sup>12</sup> Pontos Identificados em marcos de Aço, Pedra ou Concreto. (BRASIL, 1986)

<sup>13</sup> Devem ser solicitadas ao Departamento Nacional de Produção Mineral, sendo de competência da União, conforme Constituição Federal de 1988, art. 176.

<sup>14</sup> Altimetria da parte tangente ao solo da galeria de mina.

pontos. De forma mais simplificada pode-se explicar alguns termos utilizados na Altimetria, são eles:

- Altura: dimensão de um corpo da sua base ao topo;
- Altitude: valor da elevação de um ponto em relação a um datum<sup>15</sup> vertical;

IBGE, em seu glossário Cartográfico<sup>16</sup>, define altitude como sendo a distância vertical a partir de um referencial, geralmente ao nível dos mares, ao ponto considerado. Para que ocorra a melhor identificação das feições altimétricas, será utilizado o termo altitude, pois será referenciada a um ponto. Este ponto, desde 1958, está localizado junto ao porto de Imbituba-SC, este é o referencial de altitude 0m, ou seja, estando ao nível médio dos mares não perturbados. Esta é a referencial de Nível altimétrico oficial Brasileiro utilizado nos adensamentos das redes altimétricas do Sistema Geodésico Brasileiro (SGB).

O levantamento topográfico, segundo a portaria nº 237 DNPM (2001, não p.), deve ser concluído e atualizado em todas as plantas e seções, quando ocorrer o processo de fechamento de mina, bem como todas as documentações topográficas tais como cadernetas de campo, registros de cálculos, mapas, plantas e seções relativas à mina fechada ou suspensa devem ser conservadas em local adequado e posteriormente disponíveis para a fiscalização.

### 3.3.1 A cartografia utilizada nas minerações

Segundo as Normas Reguladoras de Mineração (BRASIL, 2001, p. 54), em seu item Topografias de Minas – NRM 17, todas as obras de mineração de subsolo e superficial devem ser levantadas topograficamente e representadas em plantas adequadas, representando seus elementos notáveis<sup>17</sup>. Esta norma também descreve os elementos a

---

<sup>15</sup> Do latim dado, na cartografia define um modelo matemático representativo da superfície terrestre.

<sup>16</sup> Glossário disponível em [https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/glossario/glossario\\_cartografico.shtm](https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/glossario/glossario_cartografico.shtm)

<sup>17</sup> Poços, planos inclinados, galerias, chaminés, áreas mineradas, áreas com movimentação de material, inclinação dos taludes, drenagens, níveis de água, acidentes geográficos, obras civis, construções na superfície e demais

serem indicados, por padronização cartográfica, e para este utiliza-se as o manual de Normas Técnicas de Topografia Mineira, que instrui sobre a elaboração dos mapas e plantas, desde sua sistematização á convenções cartográficas.

A norma Reguladora descreve ainda as escalas das plantas, que podem ser de 1:500 até 1:5.000, dependendo do método e extensão da mina, e na elaboração dos mapas qual o tamanho das letras e grossuras das linhas, a serem empregadas, de acordo com o que será representado, cita-se alguns exemplos:

- Escrita muito grande, com tamanhos de 5 a 8mm: para título dos mapas e plantas;
- Escrita mínima, tamanho 1,6mm: para dados de levantamento, dados sobre a mineração;
- Linha plena de 0,1mm de espessura: rede de coordenadas;
- Linha Interrompida de 0,2mm de espessura: diversos limites, curvas de nível, isópacas, etc.

Loch e Cordini (2000, p. 273), descreve que o uso do simbolismo, ao desenhar-se a planta cartográfica, devem-se restringir à sua finalidade e importância, e que para o benefício da compreensão e da leitura da planta, por exemplo, podem ser desenhadas somente as curvas de nível mestra. Os símbolos devem ser de fácil reconhecimento sem a utilização de uma legenda. Ainda descreve que de acordo com a natureza dos objetos a serem representados as convenções cartográficas estão divididas em quatro grupos destinados a representação dos elementos:

- Planimétricos;
- Hidrográficos;
- Relativos a Vegetação;
- Hipsométricos (altimetria);

Para normatizar as convenções cartográficas na atividade mineira, o manual de Normas Técnicas de Topografia Mineira (BRASIL, 1986, p. 31) descreve a forma com que se devam representar os elementos em planta. Esta norma está dividida em 7 grupos que caracterizam todos os elementos existentes em um levantamento topográfico de Minas, são eles:

1. Convenções para limites;

2. Convenções para minas a “Céu Aberto”;
3. Convenções para Representação tectônica;
4. Convenções para Minas Subterrâneas;
5. Convenções para Planos e Fluxogramas de Ventilação;
6. Convenções para Minerais e Minérios;
7. Convenções para ponto de levantamento topográfico;

### 3.3.2 Cadastro Territorial

Segundo a FIG (1995):

Um Cadastro é normalmente um sistema de informações fundiárias baseado em lotes e atualizado, contendo um registro de interesses na terra (por exemplo, direitos, restrições e responsabilidades). Geralmente inclui uma descrição geométrica das parcelas de terra ligadas a outros registros descrevendo a natureza dos interesses, a propriedade ou o controle desses interesses, e frequentemente o valor da parcela e suas melhorias.

Silva (1999, p. 13) afirma que o cadastro pode ser definido como o registro público de publicidade ampla ou restrita, que descreve as informações documentadas das características físicas, jurídicas e econômicas [...], com fins de ordenamento territorial [...].

Segundo Loch e Erba (2007, p. 25), o cadastro deve registrar interesses sobre a terra, como direitos, restrições e responsabilidades, com a finalidade de arrecadação, e apoio ao planejamento, sempre buscando o desenvolvendo social e econômico. O autor destaca ainda que a legislação de terras no Brasil, na época do Império, já tinha uma certa concepção de demarcação e registro, mas sem uma ligação entre o legal, no caso dos registros de imóveis, com o real, os documentos cartográficos produzidos antigamente. E neste contexto a ocupação de terras se propagou, sem nenhum critério. O autor cita que com a estruturação tributária, ocorrida a partir da constituição de 1988, o Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU), passou a ser a fonte de arrecadação local mais significativa para a manutenção dos Municípios.

Pereira e Loch (2008, p. 3) afirmam que um cadastro tem suporte originário de duas fontes; o Estado com o propósito de planejamento e administração e o Indivíduo que necessita de clareza dos seus direitos sobre a propriedade.

A Portaria nº 511, de dezembro de 2009, elaborada pelo Ministério das cidades, define que o sistema cadastral será embasado no levantamento dos limites de cada parcela, recebendo código numérico único no espaço territorial municipal. Paixão (2010, p. 21) enumera alguns dos benefícios potenciais do CTM:

- i. Melhoria na precisão da avaliação para o imposto sobre a propriedade imobiliária - Os impostos podem ser aplicados de forma mais justa. A propriedade pode ser melhor apreciada no mercado imobiliário por meio de variáveis existentes no sistema cadastral (ex: características físicas da propriedade, localização, infraestrutura, etc.);
- ii. Melhoria no uso e acesso aos dados – A propriedade real e suas restrições podem ser identificadas espacialmente. Além disso, o registro de terras pode ter um processo mais rápido porque o registrador pode confirmar, por exemplo, a descrição dos limites da propriedade. Os dados cadastrais também podem ajudar na concepção de programas eficientes de regularização da terra e identificar terras públicas susceptíveis à redistribuição;
- iii. Redução dos custos – Proveniente da redução na duplicação da (re) coleta dos dados e da manutenção de vários conjuntos de mapas e bases de dados territoriais semelhantes localizados em diferentes departamentos;
- iv. Melhoria na decisão governamental - Dados atualizados não só melhoram a eficiência do governo em formular e implementar políticas públicas, mas ajudam a criar/gerenciar programas de regularização fundiária, proteção ambiental, uso sustentável dos recursos naturais, locação de unidades de saúde e escolas. Além disso, eles também permitem que o governo e o setor privado gerenciem seus recursos de forma mais eficaz, permitindo que o governo cumpra os regulamentos ambientais e sociais, e que o setor privado planeje projetos de infraestrutura e outros serviços básicos;
- v. Segurança da propriedade – Inventários atualizados sobre a propriedade real ajudam a melhorar a eficiência das transações das propriedades (ex: compra, venda), a apoiar o uso da terra no mercado imobiliário (ex: hipoteca e créditos) e a trazer transparência aos direitos reais, evitando disputas de terra, pois os limites são verificáveis;
- vi. Inclusão Social - Este é um benefício importante que é obtido quando um CTM é atualizado e eficiente. A inclusão social

ocorre, por exemplo, quando os endereços são atribuídos e os cidadãos não só são reconhecidos pela sociedade, mas também são capazes de exigir serviços básicos e serem incluídos nos programas sociais governamentais;

No Brasil, segundo a Constituição de 1988 em seu Art. 30, item VIII; compete aos Municípios:

VIII - promover, no que couber, adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano;

Segundo Pereira (2009, p. 24), posterior a 1970, no Brasil, vários projetos foram criados a fim de buscar orientar a estruturação dos Cadastros Municipais, sendo o projeto CIATA, um exemplo destes projetos. Criado na década de 70 pelo Ministério da Fazenda, o convênio com os municípios incentivava o Aperfeiçoamento Técnico-Administrativo.

Este projeto fora concebido com a finalidade de implantar o cadastro territorial imobiliário a qualquer município Brasileiro, sejam quais forem as suas características quanto ao porte, ou desenvolvimento econômico, urbano e social. Sendo concebido para atender os seguintes casos (BRASIL, 1980, p. 5):

- Arrecadação Municipal; Lançamento de Imposto Predial e Territorial Urbano, Contribuições de Melhorias e taxas de serviços urbanos;
- Planejamento físico territorial urbano, compreendendo: estudo e localização de equipamentos sociais e de infraestrutura urbana, sistema viário, reserva para fins especiais e estudo de controle de uso do solo.

Tem-se então uma divisão de finalidade, no que se refere ao cadastro, dentro da administração municipal, uma para fins fiscais, centralizados na Secretária de Tributos e outra para fins de Planejamento Territorial, dentro de um Cadastro Setorial. Loch e Erba (2007, p. 42) descrevem ainda algumas divisões do cadastro Setorial, ou seja, aqueles gerenciados por diferentes setores da administração pública e faz uma distinção nas diferentes formas de cadastros e seus objetivos, entre eles:

- i. Cadastro Físico – registra dados da localização de cada parcela e suas dimensões, comumente chamado Cadastro Real;
- ii. Cadastro Jurídico – ou Cadastro Legal, são os dados referentes ao registro da parcela contidos no Cartório de Registro e Imóveis;
- iii. Cadastro de Rede Viária – detalha as estruturas de redes rodoviárias, hidroviárias e aeroviárias da jurisdição municipal, no aspecto urbano este cadastro deve ser relacionado fortemente com o cadastro de Logradouros, da qual alimenta o cadastro de Rede Viária. Podem ainda auxiliar no planejamento de rotas de transporte e Planos de Mobilidade urbana;
- iv. Cadastro de Redes de Serviços – devem estar contidos nele todos os dados das redes de infraestrutura urbana, como; tubulações, cabos, postes, torres de antenas, válvulas, etc. Formando grupos para cadastros de Rede Elétrica, Água, Telefonia, Gás, Esgoto<sup>18</sup> e outros que podem estar localizados acima ou abaixo da superfície;
- v. Cadastro de Equipamentos e Elementos Urbanos – registram todos os elementos e equipamento urbanos que não constam nos cadastros relacionais até aqui, como placas, quiosques, telefones, sinalização, hidrantes, entre outros.
- vi. Cadastro Socioeconômico – advindo das informações dos ocupantes de cada parcela e de suas atividades. Podem ser registradas em diferentes secretárias, como Ação Social, Educação e Saúde e unificadas suas bases fazendo com que alimentem o cadastro Socioeconômico. Mas devido à falta de padronização e informatização destas bases, esta relação não existe em muitos municípios.

Para a efetividade de um cadastro territorial seja o Real e o Legal, descritos acima por Loch, Araújo (2015, p. 10) descreve que um cadastro 2D faz a direta individualização da propriedade com as subdivisões da superfície em unidades usando limites 2D, e por esta razão a entidade básica dos atuais mapas cadastrais é a “parcela” que

---

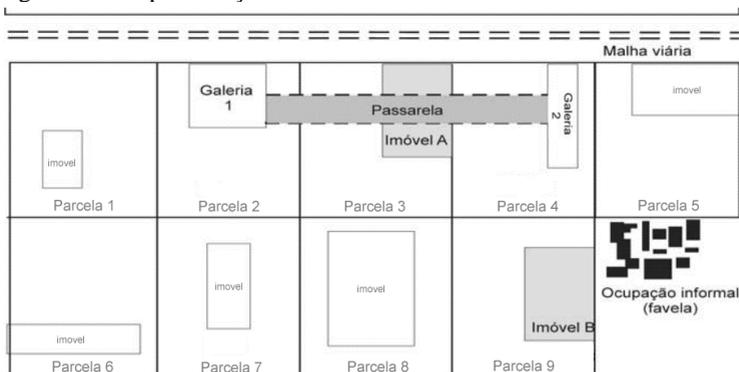
<sup>18</sup> Vale ressaltar a diferença no tipo de esgotamento, sendo este retratado por sistema com rede coletora e não o despejado no sistema pluvial de águas.

torna o mapa cadastral em um mapa 2D, representando apenas 2 dimensões.

#### a) O Cadastro 2D

Paixão (2012, p. 10) descreve que a localização de um objeto no espaço, e como os mesmos são descritos, são fatores importante para as relações espaciais e para a compreensão das análises espaciais extraídas das mesmas. O autor ainda relata que a representação bidimensional, em um sistema cadastral imobiliário, por exemplo, tem o objetivo de informar as coordenadas entre dois eixos, com as representações  $X^{19}$  e  $Y^{20}$ , caracterizando os limites, ou vértices de um imóvel. A Figura 25 mostra a representação de um mapeamento bidimensional, com os limites da parcela e imóveis. Percebe-se que existem elementos para os aspectos de infraestrutura urbana que o cadastro 2D não conseguiria explicar graficamente, por exemplo a altura de uma passarela da Galeria 1 a Galeria 2 cortando o imóvel A retratado na figura 25.

Figura 25 – Representação de Cadastro 2D



Fonte: Paixão (2012, p. 11).

Paixão (2012, p. 11) conforme Tabela 4, apresenta um sumário das várias informações que podem ser extraídas de um sistema cadastral

<sup>19</sup> X – Representa a distância horizontal a um ponto determinado de um sistema de referência.

<sup>20</sup> Y - Representa a distância vertical a um ponto determinado de um sistema de referência.

2D, 3D e ainda 4D. Utilizando-se como base a Figura 25, tem-se os imóveis em suas parcelas como oriundas de um cadastro 2D por apresentarem bidimensionalidade, sendo representadas pelas linhas tracejadas uma edificação possivelmente aérea, por estar representada em imagem 2D, de uma Passarela. Este elemento faria parte do cadastro 3D por apresentar a componente dimensional altitude, e ainda dentro de um cadastro 4D suas informações temporais, conforme detalha a tabela 4.

Tabela 4 – Informações Extraídas do Sistema Cadastral

	Identificação dos dados espaciais	Identificação dos dados não-espaciais
Dimensão 2D	Representação da localização dos objetos (ex. geração do mapa de localização dos imóveis A e B em relação às galerias de lojas).	Informação das coordenadas cartesianas (Xi,Yi) dos objetos (ex., coordenadas do limite do imóvel A e características dos imóveis).
Dimensão 3D	Representação dos objetos em tamanho real das coordenadas (Xi,Yi,Zi), sendo Zi altura real do objeto (ex., imóveis A e B, e as galerias com a passarela foram representados como em realidade).	Definição do direito da propriedade (ex: imóveis A e B são legalizado no serviço registral, ocupação informal é ilegal e não existe documentação das residências no serviço registral, galerias possuem o direito/restrições de uso da passarela sobre o imóvel A, registrado legalmente).
Dimensão 4D		A informação temporal é representada (ex: em 1975 existiam os Imóveis A e B, em 2002 as galerias de lojas foram construídas, e a ocupação informal ocorreu em 2009).

Fonte: PAIXÃO (2010, p. 11).

Araújo (2015, p.10) detalha ainda que muitos cadastros estabelecidos há séculos atrás ainda estão baseados neste paradigma de Cadastros Bidimensionais, e tendo em vista a complexa escalada dos direitos, restrições e responsabilidade em relação à Terra estes devem ser revistos e ajustados ao mundo de hoje. O Autor defende a ideia de que, quando se aborda um Cadastro 2D, dentro de um entendimento atual de Cadastro Territorial, este passa a ser um produto derivado do Cadastro 3D e 4D, com seus aspectos tridimensionais e temporais, sendo colocado o Cadastro 2D como um Cadastro Temático relacionando direitos e restrições.

#### b) O Cadastro 3D

Araújo (2015, p. 5) cita ainda que artigos internacionais na área de Cadastro apontaram o Cadastro 3D como sendo tendência entre os projetos de pesquisa em diversos países. Isto devido à complexidade das infraestruturas urbanas localizadas acima e abaixo da superfície. O autor comenta que no Brasil, mesmo que ainda estando nas proposições para

um Cadastro parcelar interligado ao registro de imóveis, o estudo do Cadastro 3D surge como cenário de pesquisas e discussões no meio científico.

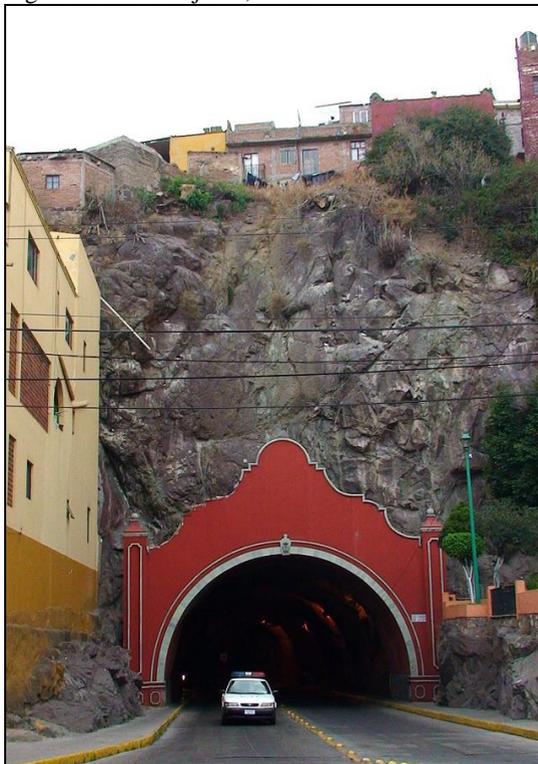
Boscatto e Oliveira (2006, p. 1) ressaltam que a Cartografia Cadastral Urbana ocupa-se da representação geométrica das parcelas, mas outras feições são de interesse ao desenho urbano das cidades, pois fornecem suporte ao reconhecimento do meio urbano, e coloca que a Cartografia Cadastral Urbana tridimensional – 3D competente a esta questão.

Para atendimento a um cadastro territorial eficaz, as estruturas dos componentes básicos cadastrados devem ter correlação direta com sua componente espacial, o espaço do espaço, ou seja, pode delimitar-se uma parcela territorial com apenas duas dimensões, largura e comprimento, mas a componente altimétrica vai delimitar o espaço tridimensional, ocupado em seu território. Se analisadas as informações dos diversos mecanismos, públicos ou privados, existentes em uma cidade, o cadastro 3D auxiliará em regular o uso do subsolo e do espaço aéreo, pelas diversas atividades, tais como redes de saneamento básico, cadastro de áreas com potencial para extração de minérios, dentre outras.

Panchiniak (2017, p. 37) declara que o principal desafio do cadastro 3D é como registrar construções sobrepostas e interligadas quando projetadas na superfície de um cadastro 2D. Muito embora as construções sobrepostas como prédios e as redes de infraestrutura existam a muitos anos, apenas recentemente foi levantada a questão de registra-los no cadastro territorial a existência dos casos de sobreposição de usos.

No contexto de algumas cidades, pode-se notar diferentes formas de ocupação, e forma da qual dá-se a devida legalização a estas áreas, a Figura 26 detalha na cidade de Guanajuato no país do México, uma ocupação que pode estar legalizada, sobre um túnel.

Figura 26 – Guanajuato, México



Fonte: ERBA (2014, p. 10).

Araújo (2015, p. 14) descreve que o termo “Cadastro 3D” pode ser interpretado de muitas maneiras que variam de um Cadastro completo com suporte tridimensional são elas:

- a) Cadastro 2D com etiquetas/advertências 3D administrativas ligadas a parcela territorial no registro cadastral;
- b) Cadastro híbrido, no qual as pessoas têm o direito sobre as parcelas territoriais de intersecção;

c) Cadastro 3D completo, no qual as pessoas podem explicitamente ter direito sobre os volumes<sup>21</sup>.

A Figura 27, na Villa Carlos Paz - Província de Córdoba-AR, apresenta uma passarela unificando dois imóveis, mas sobre uma via pública. Podendo ser utilizado com um cadastro 2D com advertência de 3D junto ao Cadastro, pois o mesmo está sobre uma via pública.

Figura 27 – Córdoba, Argentina



Fonte: ERBA (2014, p. 11).

O Cadastro Territorial 3D deve responder sobre a definição dos limites, confrontações e titularidade das parcelas, amparado na elaboração de leis que validem a ocupação e delimitem o uso do solo. Neste cenário de plena expansão territorial dos Municípios, e na falta de um conjunto padronizado de conceitos e terminologias da administração territorial, surge a ISO 19152.

Com a função de estabelecer relação entre pessoas e a suas unidades territoriais, cujo foco é a identificação dos direitos, restrições e responsabilidades que afetam a terra, e seus componentes geoespaciais

---

<sup>21</sup> ARAÚJO (2015) destaca que em um Cadastro 3D completo, o espaço é subdividido em volumes, requerendo mudanças na legislação no país que o adotar.

relacionados, incluem-se aqui também os dados 3D (LEMMEN; OOSTEROM; BENNETT, 2015, p. 536).

Kaufmann e Steudler (1998, p. 14) conceituam o objeto territorial legal como sendo aquele no qual a unidade principal é um objeto legal com uma parcela física associada, ou seja, uma entidade constituída por interesse sobre a terra, com sua divisão espacial sendo relevante. Os autores ainda detalham que quando uma porção do território é delimitada ou amparada juridicamente, estas passam a ser conceituadas como Objetos Territoriais Legais, o que difere de Objetos Territoriais como exemplo rios, lagos, florestas e montanhas que não possuem conotação jurídica.

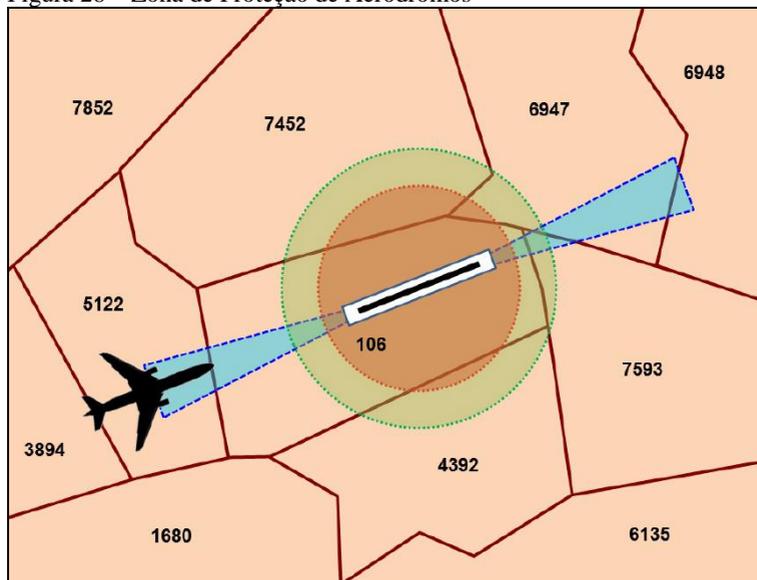
Conforme Costa, Carneio e Silva (2012, p. 4), no Brasil, o Objeto Territorial Legal (OTL) pode ser constituído por uma porção de um território com direito legais, já que está abordagem é uma forma de modelar uma realidade territorial, e no Brasil são representados por:

- i. Terrenos de Marinha: Art. 51, §14, da Lei de 15/11/1831 e Artigo 13 do Código de Águas – Decreto nº 24.643/1934;
- ii. Terrenos Reservados: artigo 14 do Código de Águas e artigo 31 do Código de Águas combinado com o inciso III do artigo 20 da Constituição Federal;
- iii. Servidão: artigos 1.378 a 1.389 do Código Civil;
- iv. Reserva Legal: Lei nº 4.771/1965, artigo 1, §2, III e artigo 16, §2;
- v. Área de Preservação Permanente: artigo 1, §2, II e artigo 3, §1, do Código Florestal.
- vi. Direitos de Mineração: Artigo 176 da Constituição Federal; Decreto-Lei nº 227, de 1967 do Código de Minas;
- vii. Restrições Aeronáuticas: Código Brasileiro de Aeronáutica, Lei nº 7.565, de 1986, artigos 43 a 46.
- viii. Restrições Urbanísticas: Artigo 182 da Constituição Federal; Lei nº 10.257/2001 do Estatuto das Cidades.

Todos estes OTL não levam em consideração a nova componente tridimensional, fato que poderia auxiliar em muito a diminuição dos conflitos de interesses, no que diz respeito especialmente a concessão de direito minerários e espaço aéreo. A Figura 28 detalha a área de abrangência da zona de proteção de um aeródromo conforme o Código Brasileiro de Aeronáutica, que restringe certas formas de ocupação e

padrões das edificações em seu entorno, pode-se notar a existência de elementos de cadastro na imagem, mas infelizmente não se tem a componente altimétrica que poderia indicar a altitude necessária, ou de segurança, das aeronaves.

Figura 28 – Zona de Proteção de Aeródromos

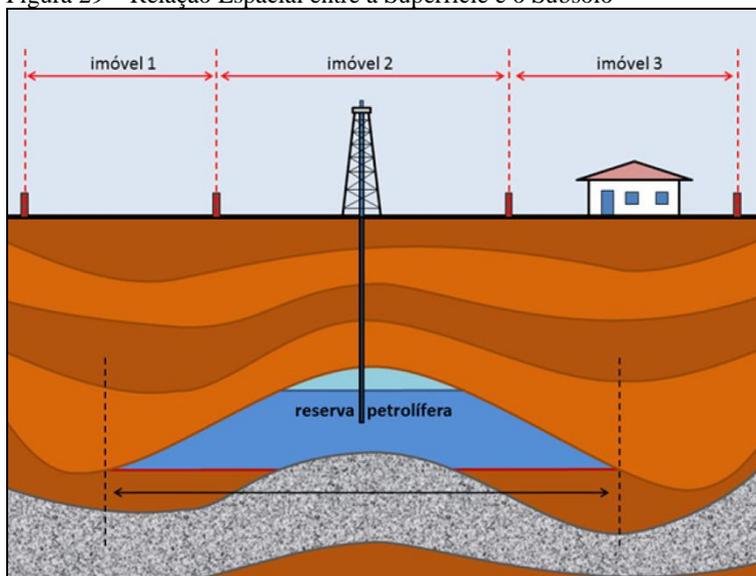


Fonte: Carneiro (2012, p. 269).

Carneiro (2012, p. 269) coloca como relevante o cadastro 3D para o controle do espaço subterrâneo e suas infraestruturas, de redes de água, esgoto, comunicação, gás e outros, e aéreas seja por redes de energia, telefonia, viadutos, passarelas e demais segmentos que auxiliariam a ocupação ordenada do subsolo e do espaço aéreo. O autor ainda declara que estes elementos de infraestrutura urbana deveriam ser definidos como Objetos Territoriais Legais (OTL), ou seja, serem identificados por sua localização e amparadas juridicamente, o que passariam a dar subsídios para favorecer o uso e ocupação ordenada do solo, subsolo e espaço aéreo. Segundo o autor da Figura 29, o cadastro 2D tradicional não consegue ainda ser eficiente na correlação das informações espaciais, distinção esta que o cadastro 3D teria a capacidade de publicitar, sendo a diferença de domínio e de utilização acima, abaixo ou na superfície.

A Figura 29 detalha 3 imóveis, na superfície, com suas respectivas divisões parcelares e de provável domínio legal, definidas como OTL, sendo facultada ao subsolo outra faixa de domínio, com também provável domínio legal.

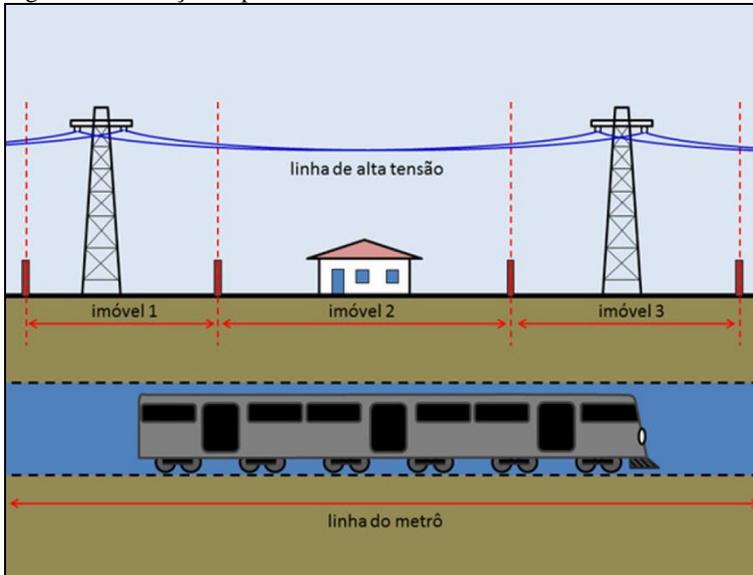
Figura 29 – Relação Espacial entre a Superfície e o Subsolo



Fonte: Carneiro (2012, p. 269).

Na Figura 30, observa-se a mesma relação espacial entre os imóveis e a rede de infraestrutura no espaço aéreo e no subsolo, pode-se analisar desta figura a divisão de instituições responsáveis pelos Objetos Territoriais Legais, seja de órgão público ou privado. Seja na superfície com a rede de linha de alta tensão, por uma companhia pública ou privada, ao nível do solo, estando registrado junto a prefeitura e registro de imóveis ou ainda a subsolo, como uma linha de metrô, todos estes possuem suas limitações espaciais e legais, mas não ocorrendo sua publicidade.

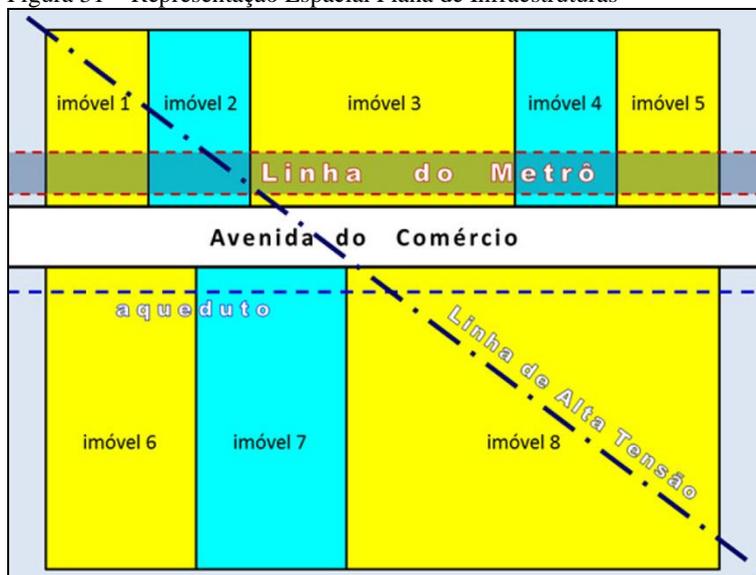
Figura 30 – Relação Espacial Urbana Térreo X Subterrâneo



Fonte: Carneiro (2012, p. 270).

Na Figura 31, observa-se a representação projetada em 2D dos elementos de infraestrutura, tendo como base a Figura 30, da qual nota-se a presença da linha tracejada vermelha como representação da localização de uma linha de metrô subterrâneo, e uma linha ponto representando linha de alta tensão sendo acima da superfície, todos transpondo-se as parcelas territoriais e as vias públicas. Os elementos 2D desta imagem não definem em qual camada estão os elementos, se acima, abaixo ou na superfície.

Figura 31 – Representação Espacial Plana de Infraestruturas



Fonte: Carneiro (2012, p. 270).

No Brasil, devido as diferentes instituições, pública ou privada, com diferentes formatos e linguagens, e a não utilização de uma normativa comum, verifica-se a inviabilidade da unificação dos dados.

Panchiniak (2017, p. 43) descreve que países como Áustria, Brasil, Grécia e Polônia não possuem em seus sistemas os direitos da qual possam ser cadastrados em 3D, mas a Grécia e Polônia possuem leis para os objetos com características 3D e informações dos condomínios divididos em camadas. Na Croácia as propriedades particulares são registradas em 2D mas apresentam a indicação do andar, sendo considerado parcialmente 3D. O Autor declara ainda que países como Suécia, Alemanha e Austrália, destacam-se por apresentar o maior avanço dentro do cadastro 3D, Suécia por exemplo, já com legislação para objetos 3D desde 2004 e legislação específica para condomínio desde 2009. Na Alemanha setores da economia, ciência e administração demandam informações espaciais tridimensionais oficiais para aplicações dos mais diversos fins, contribuindo para um cadastro 3D. Na Austrália o Comitê Intergovernamental de Levantamento e Mapeamento, publicou em 2015 o documento chamado Cadastro 2034, nele, o objetivo é de continuar a os avanços do Cadastro 2014, agora adicionando novas demandas e tecnologias que surgirão com o tempo. O

Autor ainda apresenta, que o Cadastro 2034 compreenderá mecanismos que asseguraram a fácil identificação das parcelas e unidades imobiliárias, unidas em um único sistema de referência.

Neste contexto que se apresenta a Norma LADM ISO 19152/2012, afim de padronizar os modelos cadastrais.

Segundo a Organização Internacional de Normas e Padronização (ISO), em sua normativa 19152/2012, LADM – Land Administration Domain Model, ou Modelo Conceitual para a Gestão Territorial, é definida como sendo um modelo conceitual, afim de determinar uma linguagem formal para descrever a produção de dados.

De acordo com Panchiniak (2017, p. 66) o LADM teve seu início em 2002, através da FIG com a elaboração do modelo de domínio cadastral, afim de padronizar os modelos cadastrais. Em 2008 a FIG apresentou o modelo como proposta de uma norma internacional, sendo aceita pelos países membros, e aprovada sua versão final em 2012.

Esta norma 19152, juntamente com a implementação da INDE<sup>22</sup>, são normas pioneiras na possibilidade real de implantação de um Cadastro Territorial Multifinalitário no Brasil construído mediante parcerias institucionais. Inicia-se aqui mudança para uma mentalidade comum da geração de dados e compilação dos mesmos em informações geográficas.

A FIG inclui elementos e objetivos que devem ser levados em conta nas políticas públicas de administração territorial: apoiar o crescimento da população; promover incentivos para o desenvolvimento de sistemas de habitação e infraestrutura básica; dar formação efetiva a informação sobre a terra; formular e implementar políticas territoriais, e apoiar o planejamento urbano, este desenvolvimento é observado tanto no contexto tecnológico como evolução conceitual.

Pela proposta elaborada pela FIG, o cadastro de 2014, discutia uma reforma cadastral que previa extinguir o formato analógico, em papel, para uma forma digital, utilizando uma nova concepção de dados. De fato, há muito para se adequar, mas este princípio configura uma referência a ser pesquisada e disseminada nos estudos que englobam a temática do cadastro.

---

<sup>22</sup> INDE - Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais, foi instituída pelo Decreto N° 6.666 de 27/11/2008, com a finalidade de catalogar, integrar e harmonizar dados geoespaciais existentes nas instituições do governo brasileiro.

Grant (2014, p. 10) relata os sistemas atuais de cadastro não são suficientes para transferir, gerenciar e visualizar os dados 3D. O autor descreve que o país da Nova Zelândia, está desenvolvendo mudanças em seu cadastro, a fim de adaptar as premissas do Cadastro 2034, o qual fora proposto como forma de atualizar o cadastro 2014.

A estratégia Nova Zelândia propõe uma série de alterações significativas no cadastro. Estes incluem ampliar o sistema cadastral para cobrir os limites e as extensões de todos os direitos, restrições e responsabilidades em terrenos e imóveis, e tornar a informação facilmente consumível pelo público em geral. Isso exigirá do cadastro ser totalmente tridimensional (3D), bem como responder às mudanças ao longo do tempo, para que a informação cadastral corresponda o mundo tridimensional em que as pessoas vivem (GRANT, 2014, p. 1).

### 3.4 LADM ISO 19152

O LADM é um modelo conceitual desenvolvido para representar os interesses de pessoas pela terra em termos de direitos, restrições e responsabilidades, sendo convertido em padrão ISO no ano de 2012. Esta norma não tem objetivo de substituir os sistemas pré-existentes, mas sim determinar uma linguagem formal para descrevê-los, facilitando a interpretação dentre os diferentes modelos. (ISO 19152, 2012, p. 6)

Marra (2017, p. 17) relata que a aplicação do LADM tem sido objeto de pesquisa em vários países como Etiópia, Indonésia, Trinidad e Tobago, Portugal, Suécia, Chipre, China, Croácia, Nigéria, Turquia, Polónia e também no Brasil. A norma ISO 19152/2012 apresenta em seus anexos as modelagens de Portugal, Austrália, Indonésia, Japão, Hungria, Holanda, Rússia e Coreia, que podem explicar melhor o funcionamento da estrutura de dados.

Panchiniak (2017, p. 17) comenta que o LADM se apresenta como uma ferramenta de gestão territorial com interesse nos direitos, restrições e responsabilidade que afetam o solo, água, e os componentes geoespaciais que estão sobre eles, permitindo o refinamento da eficiência e efetividade dos sistemas de gestão territorial.

#### 3.4.1 LADM no Brasil

Marra (2017, p. 19), relata que as pesquisas no Brasil sobre o desenvolvimento aplicação dos modelos cadastrais são conduzidos pela área de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, e que a primeira

avaliação de aplicação do LADM para o cadastro urbano fora no município de Arapiraca estado de Alagoas, considerando a Portaria 511 de 2009 do Ministério das Cidades.

Segundo Marra (2014, p. 19) fora analisado um estudo de caso na aplicação do LADM para o cadastro urbano do Município de Arapiraca/AL, segundo a pesquisa relatada pelos autores, muito dos elementos fundamentais considerados no LADM estão presentes na maioria dos sistemas cadastrais territoriais no Brasil, relatam ainda que o LADM é compatível com os conceitos da Portaria 511/09 que ditam a implantação do cadastro nos municípios. O Autor descrevem também a realização de um estudo da modelagem do cadastro de terras indígenas no Brasil, da qual foi gerado modelo seguindo o LADM para o cadastro de terras indígenas, concluíram que o desenvolvimento de um esquema conceitual pode trazer um entendimento comum no domínio da administração da terra para todas as entidades envolvidas na regularização fundiária indígena no Brasil. O Autor ainda colocam que a modelagem de um sistema LADM no Brasil é complexa devido a diversidade de sistemas cadastrais existentes, e que o objetivo da modelagem é permitir que todas as partes envolvidas, dentro ou fora de um país, se comuniquem com base no mesmo vocabulário implícito no modelo (MARRA, 2014, p. 8)

### **3.4.2 Estrutura e Relacionamento do LADM**

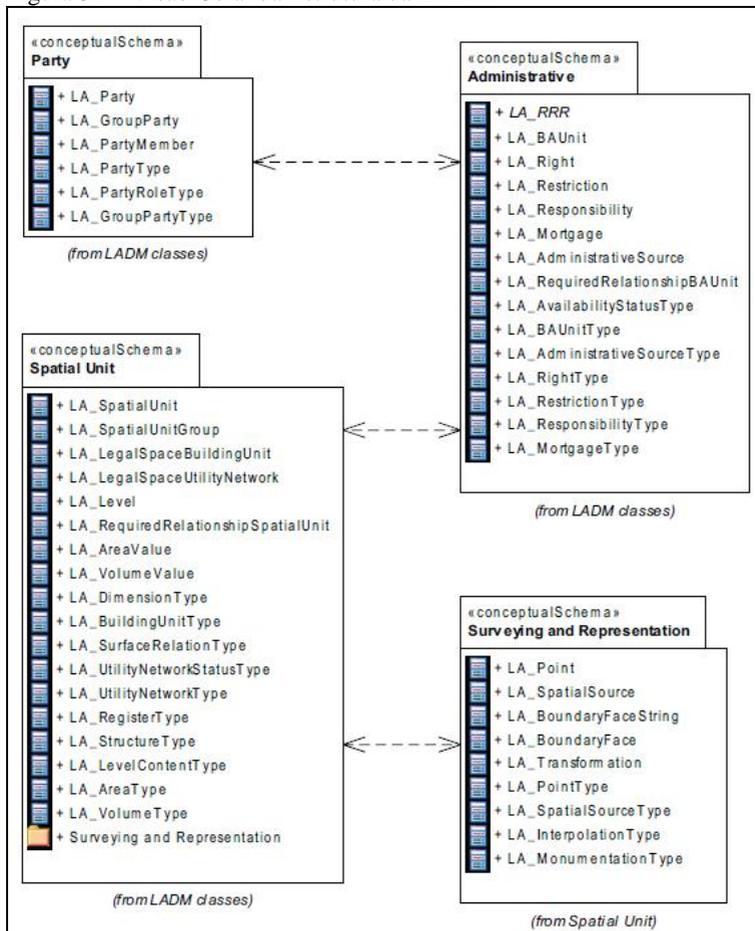
A norma (ISO 19152, 2012, p. 9), estabelece que o modelo LADM deve ser organizado a partir de três pacotes básicos e um subpacote, que definem os componentes relacionados à informação da administração da terra, incluindo neste os elementos acima e abaixo de sua superfície, fornecendo um modelo abstrato e conceitual, que representa quatro unidades básicas:

- Party (Partes) – representa as pessoas, grupos e ou organizações ao qual as unidades espaciais estão relacionadas;
- Administrative (Administrativo) – sigla internacionalmente conhecida, Right, Restriction and Responsibility, diz respeito aos direitos, restrições e responsabilidades que cada unidade está submetida;

- *SpatialUnit* (Unidade Espacial) – composta pelas unidades espaciais, parcelas, edifícios, redes de infraestrutura e cada unidade cadastrada;
- *Surveying and Representation* (Levantamento e Representação) – representando o levantamento de dados em campo, medições, coordenadas...

Verifica-se que no estudo de uma aplicação da norma 19152, sendo *Party* definido pela denominação do proprietário, *Administrative* como os aspectos legais da unidade podendo retratar Registro Imobiliário, Plano Diretor ou alguma ocupação e uso especial, *SpatialUnit* representando pelas unidades imobiliárias ou redes de infraestrutura urbana e *Surveying and Representation* sendo como o conjunto de dados oriundos dos levantamentos realizados *in loco* que fazem parte do Boletim de Cadastro Imobiliário ou sistemas de informação geográfica. Sendo que cada componente possui seus subníveis de informações, agregando os mais diversos dados, conforme modelo conceitual do LADM representado pela Figura 32.

Figura 32 – Visão Geral da Estrutura da LADM



Fonte: ISO 19152 (2012, p.8).

Conforme estrutura de dados apresentada pela Figura 32, o modelo conceitual coloca uma ordem quanto a posição das unidades básicas, e suas feições armazenadas, sendo elas:

#### a) Pacote Party

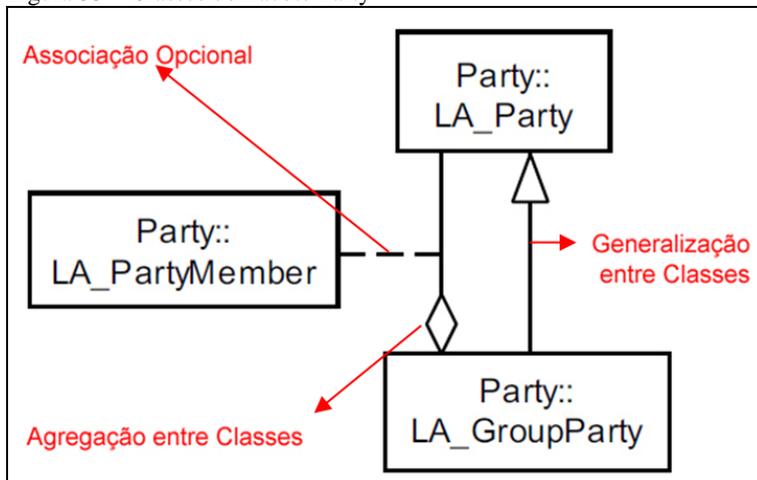
Dentre as classes existentes na norma, a classe Party é a mais importante pois define as pessoas ou organizações que estão ligadas diretamente a gestão e propriedade da terra. Em comparação com o

sistema empregado no Brasil, pode-se confrontar este pacote com o conjunto de dados do imóvel, ou parcela, como inscrição imobiliária, dados do proprietário e outros que definem seu registro e posse. Conforme as setas da Figura 32, ela está diretamente relacionada aos outros pacotes, servindo como base na estrutura organizacional.

A Figura 33 detalha a relação entre as classes existentes neste pacote, de onde:

- LA\_Party (Parte) – Identifica os agentes relacionados ao imóvel,
  - Classe Type (Tipo de Classe) – Identifica o tipo de dados, se pessoa, grupo ou associação;
  - Classe Role (Função da Classe) – O papel do agente determinado no Type na manutenção dos dados;
- LA\_GroupParty (Grupo Parte) – Identifica o grupo de indivíduos associando-as com seus direitos,
  - GroupParty (Grupo Parte) – Identifica o nome do grupo;
  - GroupPartyType (Tipo Grupo Parte) – Identifica o tipo do grupo: Associação de moradores, tribos, cooperativas...
- LA\_PartyMember (Membros da Parte) – Classe que identifica se a propriedade possui mais de um proprietário, ou seja, uma ocupação por direito de fração;

Figura 33 – Classes do Pacote Party



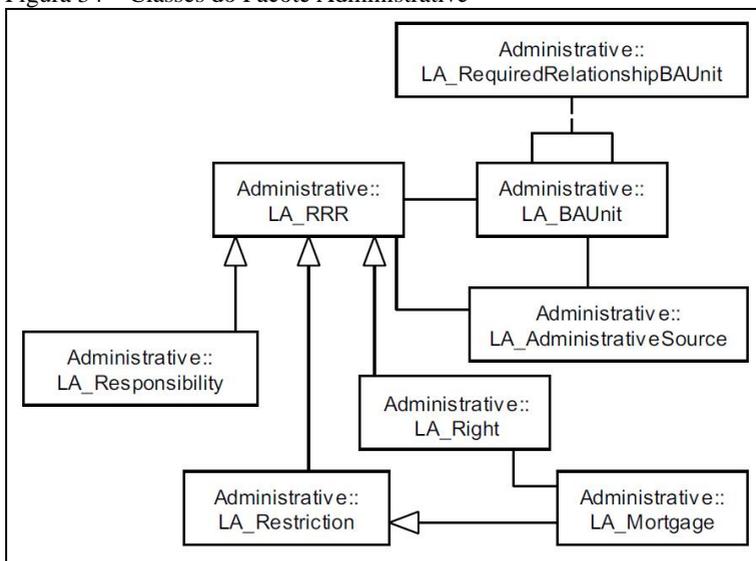
Fonte: ISO 19152 (2012, p.9).

Na Figura 33, a classe principal é a LA\_Party que possui uma ligação generalizada com a LA\_GroupParty, e pode haver uma agregação entre eles para permitir uma associação opcional de uma outra Party, no caso a classe LA\_PartyMember.

#### b) Pacote Administrative

A este pacote estão relacionadas as classes relativas ao Direito, Restrição e Responsabilidade, conhecidas mundialmente como RRR (Rights, Restrictions and Responsibilities), a estas estão definidas o conjunto de informações legais de utilização do imóvel ou parcela, conforme mostra a Figura 34.

Figura 34 – Classes do Pacote Administrative



Fonte: ISO 19152 (2012, p.10).

Dentro do pacote Administrative tem-se as classes que representarão estes agentes:

- **LA\_BAUnit** – Basic Administrative Unit (Unidade Administrativa Básica), este campo faz a conexão do LA\_Party, ou seja, identificando o agente a(s) unidade(s) espacial(s), havendo assim uma relação administrativa de mais de um imóvel a um agente;
  - **LA\_BAUnitType** (Tipo de Unidade) – Define o Tipo de conexão;
- **LA\_Right** (Direitos) – Identifica o tipo de domínio sobre a propriedade, normalmente regidos pela constituição nacional, conforme Art. 5º.
  - **LA\_RightType** (Tipo de Direito) – Nomeia o tipo de Domínio;
- **LA\_Rstriction** (Restrições) – Representa as restrições que o imóvel pode apresentar, mesmo quando o direito da terra é transferido, pode-se exemplificar no caso da colocação do imóvel em garantia de financiamento, esta determina uma condição de alienação do imóvel,

ficando registrado sua liberação desde que a quitação, esta informação fica registrada no LA\_Mortgage.

- LA\_RstrictionType (Tipo de Restrições) – Nomeia o tipo de Restrição;
- LA\_MortgageType (Tipo de Hipoteca) – Determina o tipo de Hipoteca;
- LA\_Responsability (Responsabilidade) – Descreve uma obrigação formal ou informal, por exemplo a manutenção de uma estrada ou servidão dentro da parcela imóvel;
  - LA\_ResponsabilityType (Tipo de Responsabilidade) – Nomeia o tipo de Responsabilidade;
- LA\_AdministrativeSource (Fonte Administrativa) – Todos os direito, restrições e responsabilidades se baseiam em uma fonte administrativa;
  - LA\_AdministrativeSourceType (Tipo de Fonte Administrativa) – Define o Tipo de Vínculo Administrativo;
- LA\_RequiredRelationshipBAUnit (Unidade de Relação Requerida) – possibilita a criação de relações entre as unidades Básicas (BAUnit), um caso a relação de um apartamento a sua garagem ou depósito, ou ainda em um território estabelecendo relações entre diferentes áreas dentro de uma gleba geral.
- LA\_AvailabilityStatusType (Tipo de Status de Disponibilidade) - Inclui todos os vários tipos de status de disponibilidade do imóvel construído, como original, destruído ou incompleto, usado em uma implementação de perfil de administração de terra específica.

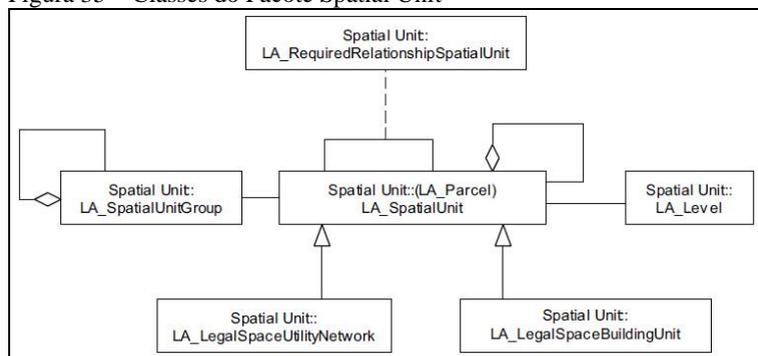
Este pacote Administrativo, tem relação direta com a legalidade do imóvel e sua ocupação, pode-se comparar com os dados armazenados no registro de imóveis, desde o tipo de identificação da parcela, a averbação de unidades imobiliárias junto a matrícula, a restrição de passagem no caso de uma servidão. Salienta-se que estes dados não estão cadastrados junto a prefeitura municipal, fazendo parte exclusivamente da matrícula do imóvel, atualmente o setor de cadastro da prefeitura municipal de Criciúma, nos casos de regularização e

transferência de imóveis, solicita junto à munícipe cópia atualizada da matrícula do imóvel, da qual é digitalizada, atualmente estão armazenadas mais de 68 mil escrituras junto ao setor de Cadastro.

### c) Pacote Spatial Unit

A este pacote estão relacionadas todas as representações espaciais referentes a parcela imobiliária. Agrupa e relaciona também as unidades imóveis contidas em uma parcela ou por um grupo. Conforme mostrou a Figura 32, este pacote possui subclasses que agruparão os dados espaciais quantitativos e qualitativos da unidade. Sua representação pode ser de forma pontual ou de linhas representativas de um território ou limite parcelar. Este campo pode conter informações textuais e gráficas, e ainda volume no caso de uma representação 3D. A este pacote dá-se importância pois aqui será descrita a componente altimétrica referente a unidade dentro da parcela. A Figura 35 detalha a estrutura de relacionamento dentro deste pacote e ver-se-á seguir seus subgrupos.

Figura 35 – Classes do Pacote Spatial Unit



Fonte: ISO 19152 (2012, p.10).

Dentro do pacote Spatial Unit tem-se as classes que representarão estes agentes:

- LA\_SpatialUnit (Unidade Espacial) – Identifica os tipos de unidades espaciais 2D ou 3D ou dados textuais, por exemplo, Parcelas, edifícios, redes de serviços públicos como água, esgoto, iluminação pública. Como atributos deste campo pode-se ter:

- LA\_AreaValue (Volume Área) – área da unidade espacial 2D;
- LA\_VolumeValue (Valor Volume) – O volume das unidades espaciais 3D;
- LA\_DimensionType (Tipo de Dimensão) – As dimensões da unidade espacial, se 2D ou 3D;
- LA\_SurfaceRelationType (Tipo de Relação de Superfície) – indica sua relação com a superfície, se está acima ou abaixo;
- LA\_SpatialUnitGroup (Grupo de Unidade Espacial) – Corresponde a dados de um grupo de unidades espaciais ou informações relativas a alguma combinação de grupos e unidades. Como atributos deste campo pode-se ter:
  - HierarchyLevel (Nível Hierárquico) – definindo a hierarquia de uma subdivisão administrativa ou zoneamento;
  - Label (Rótulo) – descrição textual do grupo de unidade espacial;
  - Name (Nome) – nome do grupo;
  - ReferencePoint (Ponto de Referência) – Coordenadas de um ponto no interior do grupo espacial;
  - SugID (Identificador) – identificador do grupo da unidade espacial;
- LA\_LegalSpaceBuildingUnit (Unidade de Construção do Espaço Legal) – Identifica a Unidade Espacial quanto ao tipo de construção, como atributos deste campo pode-se ter:
  - ExtPhysicalBuildingUnitId (Unidade de Construção Física) – identifica a unidade construída;
  - LA\_BuildingUnitType (Tipo de Unidade de Construção) – o tipo de unidade construída se compartilhada ou individual e privada ou comercial;
- LA\_LegalSpaceUtilityNetwork (Rede de Utilidade Espacial Legal) – identifica a tipologia ou faixa de domínio de uma rede de infraestrutura urbanas, no caso de redes de água, energia, telecomunicações...

- LA\_UtilityNetworkType (Tipo de rede de Utilidade) – identifica o tipo de rede;
- LA\_UtilityNetworkStatusType (Tipo de Status da Rede Utilidade) – descreve a situação da rede de infraestrutura, se em uso, fora de uso ou projetado;
- LA\_UtilityNetworkLevelType (Tipo de Nível da Rede de Utilidade) – Localização da rede de infraestrutura, se acima, abaixo ou junto a superfície;
- LA\_Level (Nível) – representa um nível e está associada com a classe LA\_SpatialUnit e como atributos deste campo pode-se ter:
  - ID – Identificador do nível;
  - Name – O nome do nível;
  - LA\_RegisterType (Tipo de Registro) – tipo de registro do conteúdo do nível, como informação de imóvel urbano e rural, registro florestal, mineração ou público e provado;
  - LA\_LevelStructureType (Tipo de Estrutura de Nível) – identifica a estruturação espacial como ponto ou polígono;
- LA\_RequiredRelationshipSpatialUnit (Unidade Espacial de Relacionamento Requerida) – classifica a relação necessária entre as unidades espaciais, o atributo desta classe é:
  - Relationship – descreve a relação existente;

Neste pacote localiza-se uma importante fonte de informações relacionadas a localização espacial das redes de infraestrutura, o LA\_LegalSpaceNetwork<sup>23</sup> nomeia as redes existentes, classificando-as quanto ao seu uso, o estado atual e sua localização, fazendo referência a superfície da unidade espacial. O atributo LA\_NetworkLevelType<sup>24</sup> seria a referência tridimensional necessária para identificar a sua posição geográfica.

A norma também faz a menção do cadastro de utilização como descrito no campo LA\_Level em seu atributo LA\_RegisterType definindo o tipo de registro da unidade espacial, se ela tem registro

---

<sup>23</sup> LA\_LegalSpaceNetwork – Pacote Espaço Legal da Rede

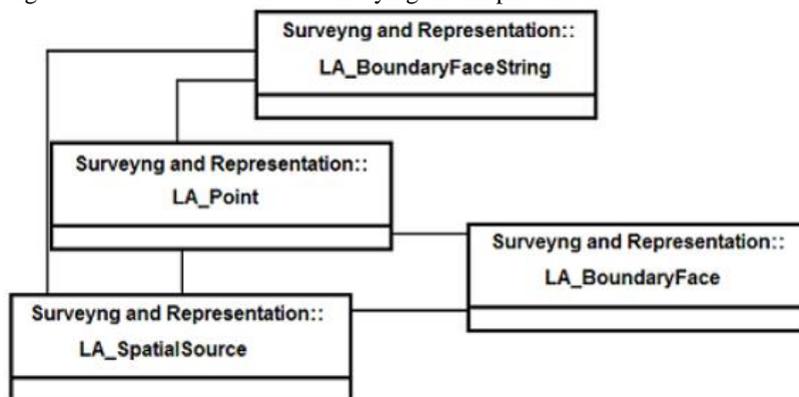
<sup>24</sup> LA\_NetworkLevelType – Pacote Tipo de Nível de Rede

florestal, registro de mineração, se é um espaço público ou privado ou urbano e rural. Dentro da estrutura existente pode-se citar como comparação à norma, os atributos descritos inseridos junto a Consulta Prévia Municipal, mesmo sendo referenciadas em 2D, este documento registra localização, áreas, testadas, tipologia de construção e faz uma alusão ao plano diretor quanto sua forma de ocupação.

#### d) Sub Pacote Levantamento e Representação

Contidas neste sub pacote estão todas as referências geométricas e a captação das topologias das unidades espaciais por meio de um sistema de informações geográficas e banco de dados utilizados como base gráfica. A Figura 36 mostra as classes pertencentes a este pacote e suas relações.

Figura 36 – Classes do Pacote Surveying and Representation



Fonte: ISO 19152 (2012, p.11).

Dentro do pacote Spatial Unit tem-se as classes que representarão estes agentes:

- LA\_Point (Ponto) – este atributo identifica os pontos individuais a serem classificados e associados a uma fonte espacial, seus atributos são:
  - LA\_Transformation (Transformação) – introduzido para proporcionar suporte para as transformações de coordenadas entre sistemas de referência;

- LA\_PointType (Tipo de Ponto) – Inclui todos os tipos de pontos com a finalidade de controle ou cadastro;
- LA\_InterpolationType (Tipo de Interpolação) – inclui os pontos de interpolação, como início ou no meio de um arco, e o papel deste ponto na estrutura de rede;
- LA\_MonumentationType (Tipos de Monumento) – inclui todos os tipos de monumentos ou referencias existentes junto a unidade espacial, para melhor localização, por exemplo um marcador de pedra ou pilar, baliza ou marcos de referência.
- LA\_SpatialSource (Fonte Espacial) – inclui todos os tipos de fontes necessárias para identificação locacional da unidade espacial, cita-se croquis de campo, mapeamentos topográficos, mapeamentos orbitais, coordenadas, este tributo é puramente gráfico; atribuído a ele tem-se o seguinte atributo:
  - LA\_SpatialSourceType (Tipo de Fonte Espacial) – descreve o tipo de fonte utilizada;
- LA\_BoundaryFaceString (Face da Linha de Limite) – esta componente delimita o limite espacial de uma unidade, representando em linhas a forma do polígono, seus atributos poderão ser a fonte para gerar um mapa cadastral, seus atributos são:
  - Geometry (Geometria) – delimita o tipo de fronteira existente utilizando-se de linha ou curva;
  - LocationByText (Localização do Texto) – descrição do limite por meio de texto;
- LA\_BoundaryFace (Face Limite) – representa os limites superficiais de uma unidade espacial em uma perspectiva 3D, se caso for utilizado somente texto para definir os limites, não existirá uma relação espacial com os limites, seus atributos são:
  - Geometry (Geometria) – o limite é representado por meio de uma projeção de pontos em uma superfície em 3D, deve-se usar como base algum elemento gráfico de

superfície, por exemplo um modelo digital de superfície ou terreno;

- LocationByText (Localização do Texto) – este atributo inclui a fronteira natural através de uma descrição por texto,

e) Associação entre Classes

A norma ISO 19152 define a relação que deve existir entre as classes:

- a) **Associação:** ocorre quando dois ou mais objetos são completamente independentes entre si, mas eventualmente relacionados, uma relação de muitos para muitos. Pode, ainda, agregar mais classes chamada de associação opcional representada por uma linha tracejada, como mostra o modelo conceito na Figura 37 (MANIERO, 2015, não p.).

Figura 37 – Modelo Conceitual de Associação



A Tabela 5, segundo a norma ISO 19152, apresenta as classes que possuem a associação.

Tabela 5 – Associação entre as Tabelas da Norma

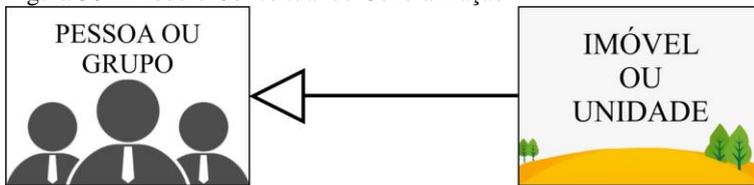
Class 1 <sup>a</sup>	Class 2 <sup>a</sup>	Association name	Role name End 1	Multi- plicity	Role name End 2	Multi- plicity
AdministrativeSource	BAUnit	unitSource	source	0..*	unit	0..*
AdministrativeSource	Party	conveyancerSource	source	0..*	conveyancer	1..*
AdministrativeSource	RRR	rrrSource	source	1..*	rrr	0..*
AdministrativeSource	RequiredRelationship -BAUnit	relationSource	source	0..*	required RelationBaunit	0..*
BAUnit	BAUnit	relationBaunit	unit1	0..*	unit2	0..*
BAUnit	RRR	baunitRrr	unit	1	rrr	1..*
BoundaryFace	SpatialSource	bfSource	bf	0..*	source	0..*
BoundaryFace	SpatialUnit	minus	bf	0..*	su	0..*
BoundaryFace	SpatialUnit	plus	bf	0..*	su	0..*
BoundaryFaceString	SpatialSource	bfsSource	bfs	0..*	source	0..*
BoundaryFaceString	SpatialUnit	minus	bfs	0..*	su	0..*
BoundaryFaceString	SpatialUnit	plus	bfs	0..*	su	0..*
Mortgage	Right	mortgageRight	mortgage	0..*	right	0..*
Party	BAUnit	baunitAsParty	party	0..*	unit	0..*
Party	GroupParty	members	parties	2..*	group	0..1
Point	BoundaryFace	pointBf	point	0,3..*	bf	0..*
Point	BoundaryFaceString	pointBfs	point	0,2..*	bfs	0..*
RRR	Party	rrrParty	rrr	0..*	party	0..1
SpatialSource	BAUnit	baunitSource	source	0..*	unit	0..*
SpatialSource	Party	surveyorSource	source	0..*	surveyor	1..*
SpatialSource	RequiredRelationship- SpatialUnit	relationSource	source	0..*	required RelationshipSu	0..*
SpatialSource	Point	pointSource	source	0..*	point	1..*
SpatialUnit	BAUnit	suBaunit	su	0..*	baunit	0..*
SpatialUnit	Level	suLevel	su	0..*	level	0..1
SpatialUnit	Point	referencePoint	su	0..1	point	0..1
SpatialUnit	SpatialSource	suSource	su	0..*	source	0..*
SpatialUnit	SpatialUnit	relationSu	su1	0..*	su2	0..*
SpatialUnit	SpatialUnit	suHierarchy	su1	0..*	su2	0..1
SpatialUnit	SpatialUnitGroup	suSuGroup	part	0..*	whole	0..*
SpatialUnitGroup	SpatialUnitGroup	suGroupHierarchy	element	0..*	set	0..1

<sup>a</sup> The LA prefix of class names has been omitted due to space reasons.

Fonte: ISO 19152(2012, p.38).

- b) **Generalização:** é uma agregação que possui dependência entre os objetos para existir, ou seja se o objeto pelo qual ele tem relação direta for removido ele passa a não existir mais. No caso da LADM, existe uma relação entre uma pessoa e a terra, sendo que uma pessoa ou grupo não necessariamente está ligada a uma terra, mas a terra deve estar ligada a uma pessoa ou grupo, se não houver a terra não haverá proprietário, havendo dependência, conforme detalha a Figura 38 (MANIERO, 2015, não p.).

Figura 38 – Modelo Conceitual de Generalização



A Tabela 6, segundo a norma ISO 19152, apresenta as classes que possuem a generalização.

Tabela 6 – Generalização entre as Tabelas da Norma

Superclass <sup>a</sup>	Subclass <sup>a</sup>
Restriction	Mortgage
RRR	Right
RRR	Restriction
RRR	Responsibility
Party	GroupParty
Source	AdministrativeSource
Source	SpatialSource
SpatialUnit	LegalSpaceBuildingUnit
SpatialUnit	LegalSpaceUtilityNetwork
VersionedObject	RRR
VersionedObject	BAUnit
VersionedObject	RequiredRelationshipBAUnit
VersionedObject	RequiredRelationshipSpatialUnit
VersionedObject	SpatialUnit
VersionedObject	SpatialUnitGroup
VersionedObject	Level
VersionedObject	BoundaryFace
VersionedObject	BoundaryFaceString
VersionedObject	Point
VersionedObject	Party
VersionedObject	PartyMember

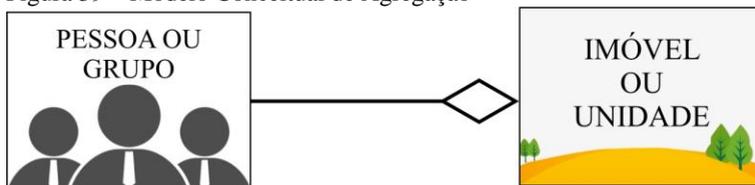
<sup>a</sup> The LA prefix of class names has been omitted due to space reasons.

Fonte: ISO 19152 (2012, p.39).

- c) **Agregação:** não deixa de ser uma associação, mas existe uma exclusividade e determinados objetos só podem se relacionar a um objeto específico. Um objeto é proprietário de outros, mas não há dependência, então ambos podem existir mesmo que a

relação não se estabeleça. No caso do LADM a relação da pessoa ou grupo com a propriedade deve existir, como simboliza a Figura 39 (MANIERO, 2015, não p.).

Figura 39 – Modelo Conceitual de Agregação



A Tabela 7, segundo a norma ISO 19152, apresenta as classes que possuem a agregação.

Tabela 7 – Agregação entre as Tabelas da Norma

Class 1 <sup>a</sup>	Class 2 <sup>a</sup>	Role name End 1	Multiplicity	Role name End 2	Multiplicity
Party	GroupParty	parties	2..*	group	0..*
SpatialUnit	SpatialUnit	element	0..1	set	0..*
SpatialUnitGroup	SpatialUnitGroup	element	1..*	set	0..1

<sup>a</sup> The LA prefix of class names has been omitted due to space reasons.

Fonte: ISO 19152 (2012, p.39).

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 MATERIAIS UTILIZADOS

Os dados que balizaram a pesquisa foram:

- a. Pesquisas bibliográficas e entrevistas orais, as quais foram executadas de modo informal, junto aos técnicos do cadastro municipal da prefeitura de Criciúma - SC, bem como aos profissionais que estiveram presentes nas fiscalizações das lavras de minas e, por fim com alguns técnicos do departamento de produção mineral (DNPM);
- b. Livros, Teses, dissertações, artigos científicos e revistas técnicas;
- c. Mapeamentos Hidrográficos, de riscos Geotécnicos, de Áreas Mineradas na Cidade de Criciúma, de 2007, na escala de 1:50000, realizados pela Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC, da qual auxiliou a geração de mapas temáticos das áreas mineradas na cidade de Criciúma,
- d. Norma ISO 19152/2012 – caracteriza-se no novo padrão que define um modelo para o âmbito da gestão territorial, (conhecido como LADM, ou acrônimo em inglês da expressão Land Administration Domain Model.

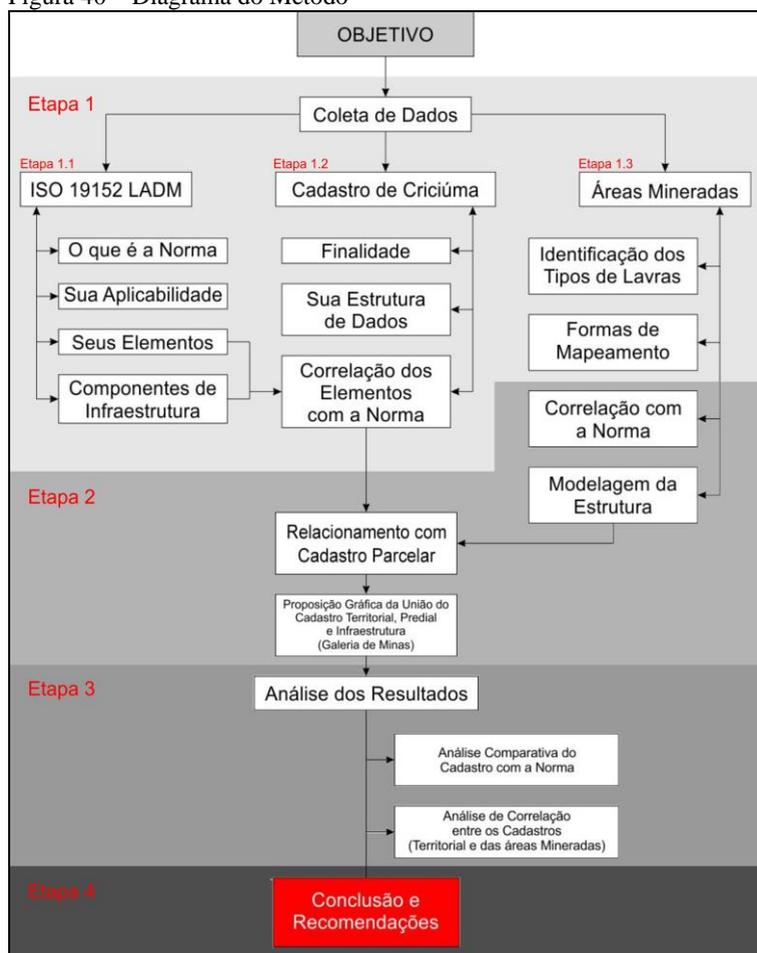
### 4.2 MÉTODO

O método se pautou no estudo técnico (técnico e prático) da potencial integração entre o cadastro territorial municipal e o cadastro 3D (cadastro carbonífero), por meio da Norma 19152. Nesse sentido, definiu-se uma estrutura metodológica de pesquisa que primeiramente avaliou o atual sistema de cadastro territorial de um município inserido na região carbonífera do Estado de Santa Catarina, para então considerar o novo cenário propositivo que vincula os dois cadastros seguindo as diretrizes da ISO.

A análise integrada entre os dois cadastros permitiu a proposição de uma metodologia baseado na diretriz do LADM que considerou a componente espacial tridimensional. Nesse sentido, o diagrama do método foi estruturado em 4 macro etapas (entrada de dados,

processamento, resultados e análises e por fim considerações finais/recomendações). Ressalta-se que o piloto e análise da proposição de integração entre os cadastros parte de um contexto mais regionalizado (Região Carbonífera de Santa Catarina) e toma como referência de integração a documentação cartográfica do Município de Criciúma. Dessa forma, o método da pesquisa se caracteriza - como apresentado a Figura 40.

Figura 40 – Diagrama do Método



#### 4.2.1 Entrada dos dados

Na Etapa 1 configura-se o conjunto de dados de entrada que foram prospectados para subsidiar a proposição da integração entre os sistemas cadastrais. Com especial atenção foram levantados os dados teóricos sobre a ISO 19152 – LADM e estudado algumas experiências de aplicação da ISSO em nível nacional e internacional. Em um segundo momento foram levantadas as características do cadastro territorial, tomando como base o município de Criciúma e seus componentes básico existentes junto ao cadastro municipal, e por fim os dados referentes as áreas mineradas da região carbonífera catarinense.

O item 1.1, integrado a Etapa 1, refere-se aos dados da pesquisa relativos a Norma ISO 19152, seu conceito, aplicabilidade, elementos de conexão e sua estrutura de armazenamento de dados. A pesquisa bibliográfica baseou-se com maior ênfase no documento que representa a norma e em publicações que analisaram a norma e sua respectiva aplicabilidade.

O estudo dos componentes básicos subsidiou a construção propositiva de um modelo para a elaboração de um Cadastro Carbonífero, além disso permitiu conhecer e ter maior afinidade com os pacotes que compõem a ISO – testando e consolidando a experiência no posicionamento dos elementos a serem armazenados no cadastro Carbonífero.

O item 1.2, integra a etapa 1 e nele destaca-se a pesquisa bibliográfica realizada para conhecer a estrutura e os parâmetros que compõem um cadastro territorial utilizado como referência para o piloto - cidade de Criciúma. Por ser Pólo de desenvolvimento da Região Carbonífera Catarinense e por apresentar aspectos legais permitiu maior facilidade para obtenção dos dados documentais e portanto para o estudo pretendido. O procedimento metodológico estruturou-se nas bases de dados científicas que apresentaram publicações sobre o tema e que descreveram a trajetória do sistema cadastral do Município de Criciúma. Deve-se ainda considerar as entrevistas e conversas informais que ocorreram com os gestores do setor de cadastro do município, afim de subsidiar tecnicamente a modelagem da estrutura organizacional. Foi importante, conhecer e reconhecer o processo de construção do modelo cadastral atualmente adotado pela prefeitura de Criciúma, bem como compreender a lógica e o funcionamento dos modelos cadastrais pretéritos, que culminaram na adoção do atual sistema cadastral. Esse entendimento permitiu realizar breves associações e potenciais correlações aos recursos que a Norma 19152 traz no seu escopo.

O item 1.3 se traduz no levantamento bibliográfico e histórico sobre a prospecção minerária de carvão na região sul catarinense, o qual foi fundamental para (re)conhecer a sua importância e os diferentes tipos de lavra e formas/técnicas de mapeamentos existentes. Também foi importante visualizar as demandas do cadastro carbonífero, bem como os parâmetros essenciais bi e tri dimensionais que o descreve. Frente ao estudo analítico da estrutura de um cadastro carbonífero vislumbrou-se os elos de conexão com o cadastro territorial – permitindo uma potencial vinculação a partir das diretrizes estabelecidas pela LADM. Todo o conjunto de dados teóricos e alfanuméricos levantados pela Etapa 1, foram utilizados como referência para propor o modelo preliminar de integração entre os dois cadastros (territorial 2D e carbonífero 3D).

#### **4.2.2 Processamento e Análise**

A Etapa 2, detalhada na Figura 40, precedida de um conhecimento técnico e teórico suficiente permitiu realizar uma série de simulações e análises até se chegar de forma evolutiva-iterativa a uma proposta de integração entre os dois cadastros (territorial e carbonífero), segundo a concepção de um cadastro tridimensional (3D) – apoiado na ISO 19152. Nessa mesma etapa, tomou-se como base os componentes do Cadastro Territorial do Município de Criciúma, e considerou-se a estrutura do seu cadastro como referência para ser propagado aos demais municípios presentes na região carbonífera de Santa Catarina. Para se executar a proposição de integração, considerou-se o atual sistema cadastral territorial de Criciúma e fez-se uso intenso da modelagem conceitual sugerida pela norma 19152. Com especial atenção foi considerada a variável tridimensional no processo de integração entre o sistema cadastral territorial, que considera dados cartográficos de tangência ao solo, com o cadastro carbonífero que também apresenta dados cartográficos referente as galerias de minas (situação subsuperficial).

#### **4.2.3 Resultados (Simulação da aplicação 3D do Cadastro Carbonífero - LADM)**

Na Etapa 3, apresentada na Figura 40, são expostos os resultados esperados e em seguida executadas as análises qualitativas. Ressalta-se que o maior foco de análise do estudo se estruturou na simulação de cenários que permitiu a correlação entre o cadastro territorial imobiliário

e o carbonífero. Com base nas análises de cenários foi possível propor um “potencial modelo de integração” entre os sistemas cadastrais (Territorial e o Carbonífero), apoiado na Norma ISO 19152.

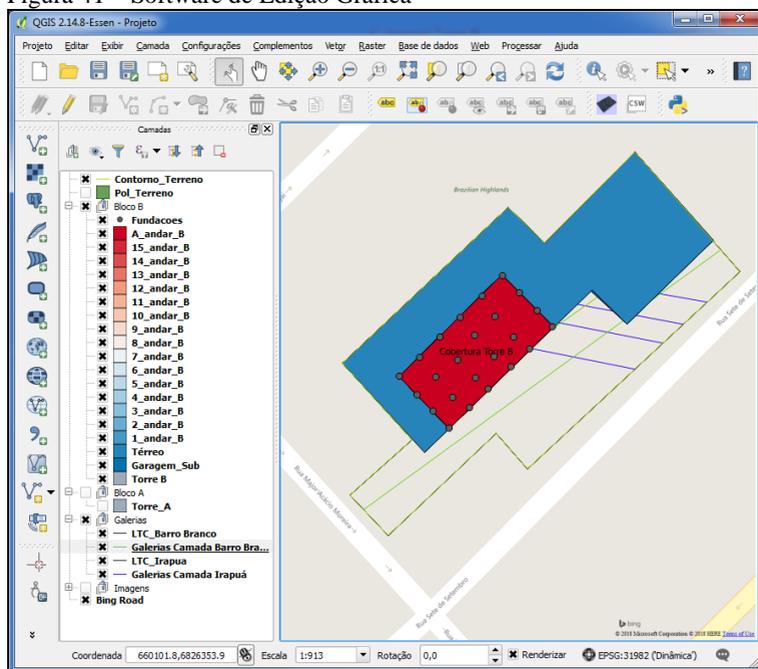
Por fim, ainda na Etapa 3, foi realizada uma simulação da aplicação do cadastro 3D em ambiente gráfico com a intenção de apresentar a versatilidade e aplicabilidade do modelo proposto.

Como se trata de um estudo preliminar, no qual fez uma aplicação prática das diretrizes estabelecidas pela ISO, não foram utilizados dados reais para a composição da modelagem gráfica. Nesse contexto, considerou-se para o estudo a inferência da altura média do recobrimento das camadas de carvão exploradas na região. Esta modelagem gráfica foi elaborada a partir do desenho de uma parcela imobiliária, portanto utilizou-se uma edificação condominial verticalizada, com 15 pavimentos, localizada na região central da área urbana.

Para melhor representação da modelagem gráfica, foi considerada a “altitude” tangente do terreno a 0m. Esta definição colabora para o entendimento das altitudes negativas, ou seja, abaixo do solo do terreno. Estimou-se a existência de duas camadas de galerias de minas cruzantes a parcela, a primeira camada a pouco mais de 25m e a segunda a 36m de profundidade, relativos ao nível terreno.

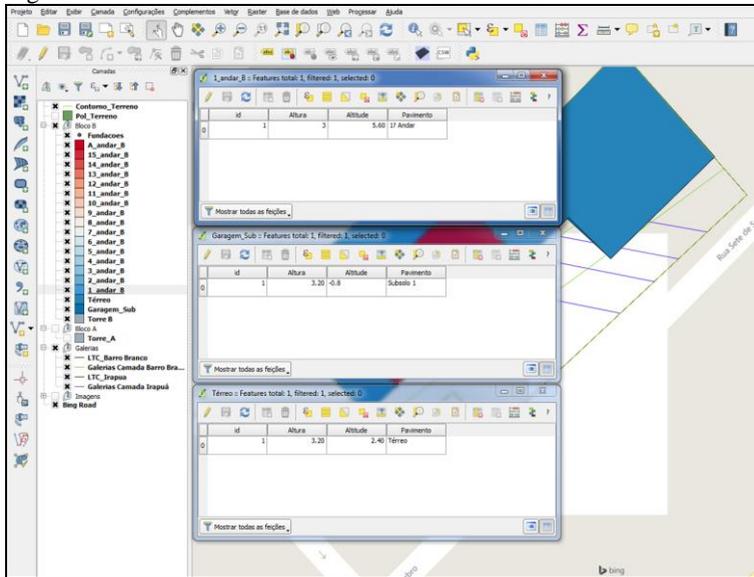
Para a confecção da modelagem gráfica utilizou-se o Software livre QGis Versão 2.14.8 – Essen, de onde foram desenhadas todas as feições gráficas da edificação, seus pilares e andares, conforme mostra a Figura 41.

Figura 41 – Software de Edição Gráfica



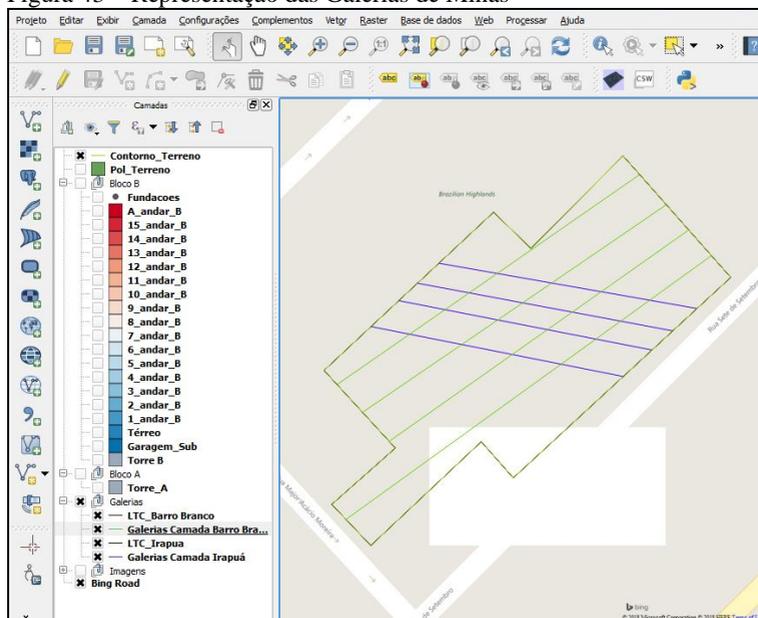
Para a inserção dos dados quantitativos foi utilizada a tabela interna do software, com os campos Id, Altura, diferença de medidas entre a parte a base e o topo do pavimento, Altitude, e qual o pavimento da unidade, conforme detalha a Figura 42.

Figura 42 – Tabela de Dados



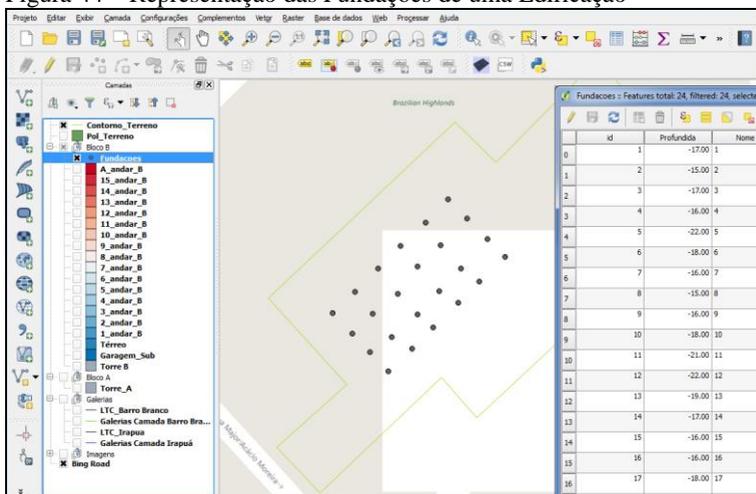
Para a representação das galerias de minas, foram desenhadas linhas dentro da parcela, afim de demonstrar o alinhamento dos painéis existente nas lavras subterrâneas, conforme mostra a Figura 43.

Figura 43 – Representação das Galerias de Minas



Para melhor identificar o risco existente nas edificações, adicionou-se a camada gráfica denominada fundações, que possuía um campo na tabela de dados relatando sua altitude negativa em relação ao solo, esta componente foi de grande relevância, pois no cruzamento com as informações da altura de recobrimento do solo em relação ao topo da galeria tornou-se possível informar a ocorrência de um caso de subsidência destrutiva, ocasionando fraturas e risco junto as estruturas edificadas, conforme mostra a Figura 44. E como base para a representação viária foi utilizado um mapa Bing Road já existente como componente *OpenLayers* Plug-in.

Figura 44 – Representação das Fundações de uma Edificação



Para a representação em 3D, utilizou-se o componente Qgis2threejs, o qual desenvolve uma página de visualização sobre os elementos contidos nas tabelas e arquivos SHP. Por outro lado, reforça-se o fato de que o formato JS (Java Script) permitiu a criação de uma interface gráfica leve e de fácil manipulação. As componentes que definiram o aspecto tridimensional foram lidas a partir de um campo na tabela de dados, processo este que permitiu a interação rápida com os dados de cada SHP.

Como dito anteriormente, a simulação não levou em consideração dados reais existentes, portanto foi projetada para uma melhor visualização das componentes tridimensionais, bem como as galerias de minas.

Na Figura 45, nota-se a representação da edificação ao nível do solo, bem como os respectivos andares, a garagem no subsolo, o nível térreo e ainda os 15 andares referente as unidades autônomas. Por outro lado, a Figura 46 detalha as estacas de fundação da edificação e verifica-se em destaque na mesma figura a proximidade entre as estacas de fundação da obra com o topo da galeria, ocorrendo o risco de subsidência do pilar e fatalmente riscos aos moradores e aos mineiros.

Figura 45 – Representação 3D ao nível do solo

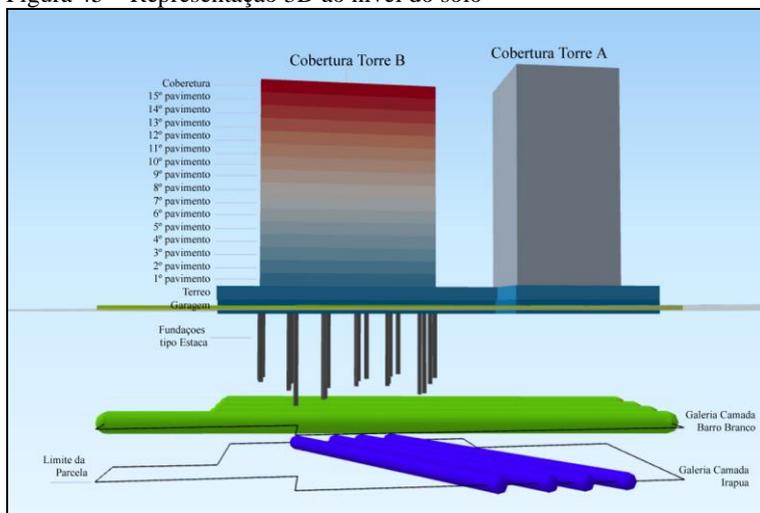
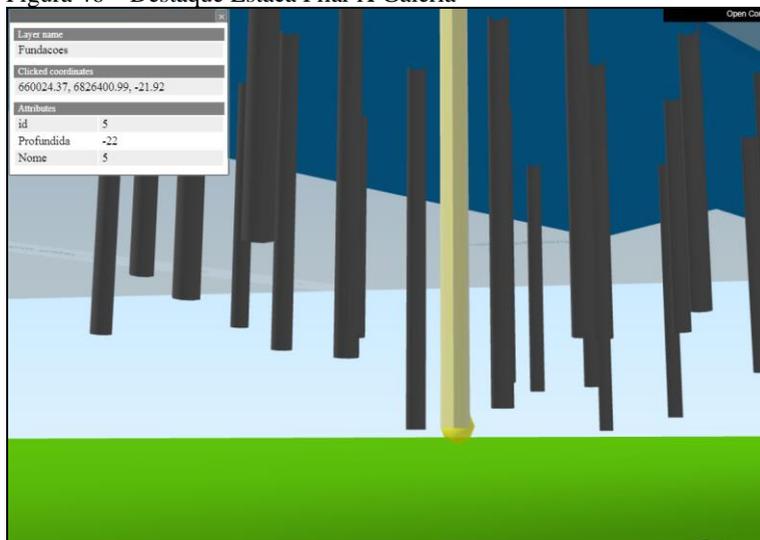


Figura 46 – Destaque Estaca Pilar X Galeria



## 5 RESULTADOS E ANÁLISES

### 5.1 CADASTRO CARBONÍFERO

Com base no que já foi apresentado nesse trabalho, pode-se definir o Cadastro Carbonífero como um sistema de informações relacionado a um cadastro territorial, e que deve apresentar dados tridimensionais subsuperficiais, associado a atividade minerária ou carbonífera. Neste cenário, deve representar dados gráficos e alfanuméricos pertinente as galerias de minas pretéritas, presentes e futuras vinculadas aos processos minerários e ainda as galerias que se encontram abandonadas. Com a possibilidade, também, de identificar áreas que possam apresentar problemas na ocupação.

O Cadastro Carbonífero tem o caráter informativo espacial, publicizando na condição de cadastro temático a sua existência com ou sem atividades minerárias, dessa forma expressa espacialmente a existência de galerias subterrâneas abaixo da parcela territorial. Baseado nessa informação temática, deve-se ocorrer o planejamento de uso e ocupação de superfície minimizando os riscos à sua ocupação devido a atividade da mineração.

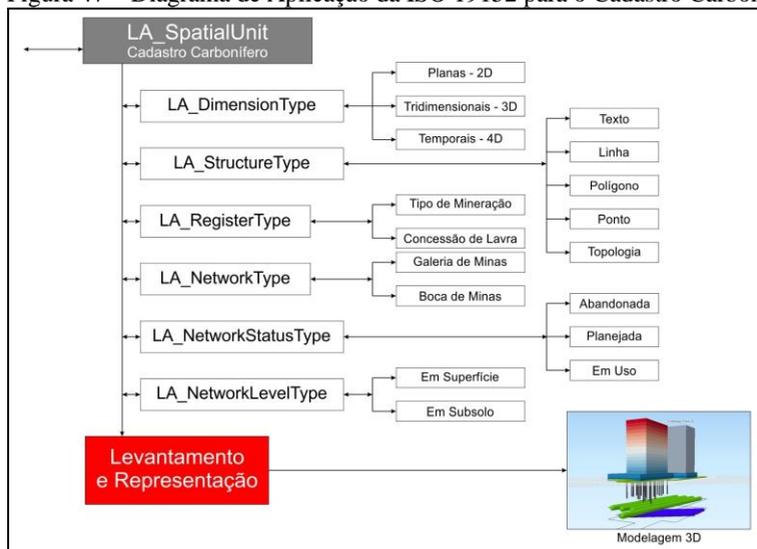
Este cadastro deve apresentar componentes tridimensionais com alta precisão, isso significa dados fidedignas e atualizadas de implantação e desenvolvimento das obras (galerias de minas). Estas podem ser colhidas pelo Relatório Anual de Lavra, encaminhado anualmente ao Departamento de Produção Mineral – DNPM pelas empresas de mineração, conforme a Portaria nº 155 A Portaria nº155 do Diretor-Geral do DNPM, de 12 de maio de 2016.

### 5.2 ESTUDO DAS COMPONENTES DA NORMA PARA O CADASTRO CARBONÍFERO

Dentre os campos existentes na ISO 19152, o que melhor acomodará os dados relativos ao cadastro das galerias de minas será o grande grupo de Unidade Espacial (*SpatialUnit*). Portanto, este cadastro – que de modo especial chamar-se-á de Cadastro Carbonífero reunirá vários dados pertinentes as infraestruturas existentes – temático de galerias de minas subterrâneas deve ser correlacionados espacialmente a parcela territorial de superfície. Para consolidar um melhor entendimento, faz-se aqui a necessidade de um diagrama explicativo dos campos a serem utilizados (propositivos) – que irão agregar dados de infraestrutura do Cadastro Carbonífero ao cadastro territorial.

A Figura 47 salienta que este estudo é somente relativo ao sistema esquemático para a construção de um cadastro Carbonífero, podendo ser anexado a qualquer modelo de Cadastro Territorial.

Figura 47 – Diagrama de Aplicação da ISO 19152 para o Cadastro Carbonífero



Ligadas ao Cadastro Carbonífero os campos que melhor identificarão e caracterizarão tridimensionalmente a existência das galerias de minas, são:

- LA\_DimensionType (Tipo de Dimensão) – permitirá conhecer o tipo de informação cadastral, bi ou tridimensionais;
- LA\_StructureType (Tipo de Estrutura) – definirá, o tipo de representação das galerias de minas;
- LA\_RegisterType (Tipo de Registro) – identificando o tipo de lavra existente, podendo agregar informações como a companhia e a concessão de lavra junto ao DNPM;
- LA\_NetworkType (Tipo de Rede) – galerias ou bocas de minas existentes;
- LA\_NetworkStatusType (Tipo Status de Rede) – situação atual da galeria, abandonada, planejada ou em uso;

- LA\_NetworkLevelType (Tipo de Nível da Rede) – e estrutura poderá estar ao nível do solo, como lavra em superfície ou em subsolo;
- Surveying and Representation (Levantamento e Representação) – considerando todas as informações relativas a representação espacial, desde o sistema de coordenadas utilizado, as coordenadas de cada vértice gerado pelo polígono, afim de representar graficamente a modelagem da existência da galeria de minas junto a parcela do imóvel.

Nota-se pela Figura 47 – que a componente LA\_SpatialUnit, apresenta uma seta a esquerda indicando alguma relação com outra componente. Quando interligada a alguma componente existente e coerente com a condição espacial no Boletim de Cadastro de Infraestrutura e Serviços Urbanos (condição propositiva), será alimentada automaticamente por um cruzamento de camadas em ambiente SIG, dessa forma relaciona-se a existência de feições do mapeamento 3D (subterrâneo) com as feições de superfície.

### 5.3 CORRELAÇÃO ESPACIAL COM A PARCELA TERRITORIAL

Como descrito anteriormente, a existência de galerias de minas deve estar associada diretamente ao nível de subsolo, portanto sugere-se que o dado referente ao cadastro Carbonífero também esteja vinculado a unidade parcelar. Esta ação propiciará num futuro próximo agregar uma averbação junto a matrícula das infraestruturas existentes, abaixo ou acima da parcela, extrapolando a existência somente das galerias mineradas.

Considerando efetividade do Cadastro Carbonífero, e tomando por base a tipificação do Cadastro Territorial da Cidade, sugere-se como responsável o setor municipal que gerencia o cadastro de Infraestruturas urbanas e que via de regra possui o Cadastro de Logradouros. Nesse contexto, ele passa a ser o gestor dos dados e o responsável pela manutenção e controle de qualidade/veracidade dos dados e de sua integração. A Figura 48 detalha esta proposição de inserção do Cadastro Carbonífero, representado pela inserção do item 31 no contexto do cadastro de Infraestrutura.

Figura 48 – Nova Proposição do Campo Infraestrutura, adicionando o item infraestrutura subsolo

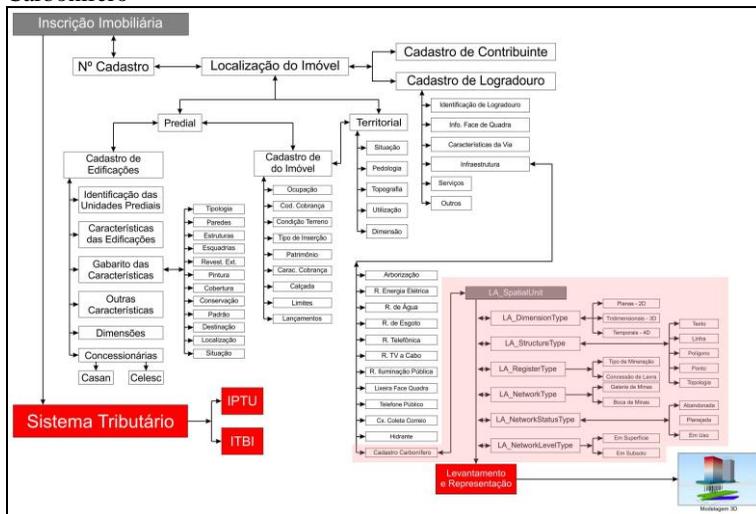
B INFRAESTRUTURA			
20	ARBORIZAÇÃO	S	N
21	REDE ENERGIA ELÉTRICA	S	N
22	REDE DE ÁGUA	S	N
23	REDE DE ESGOTO	S	N
24	REDE TELEFÔNICA	S	N
25	REDE DE TV À CABO	S	N
26	REDE ILUMINAÇÃO PÚBLICA	S	N
27	LIXEIRA FACE QUADRA	S	N
28	TELEFONE PÚBLICO	S	N
29	CX. COLETA CORREIO	S	N
30	HIDRANTE	S	N
31	CADASTRO CARBONÍFERO	S	N

Fonte: Adaptado Prefeitura Municipal de Criciúma (2018).

Com a adição deste novo dado a estruturação do diagrama de infraestruturas ficará mais completa, agora recebendo os dados pertinentes ao Cadastro Carbonífero. A Figura 49 apresenta esquematicamente e de forma mais completa esta nova estrutura propositiva que está apoiada ao diagrama gerencial do cadastro do Município de Criciúma (implementado pelo autor).



Figura 49 – Diagrama com Inserção do modelo conceitual do Cadastro Carbonífero



Fonte: Adaptado Prefeitura Municipal de Criciúma (2018).

Por este modelo, o Cadastro Carbonífero passa a contribuir com dados/informações pertinentes ao planejamento territorial, podendo também ser utilizado como variável útil à da Planta Genérica de Valores (PGV).

Com as informações inseridas em banco de dados, há possibilidade também da geração de modelagens gráficas em 3D para uma melhor visualização das camadas das galerias subterrâneas relacionadas a parcela territorial, porém esse procedimento se caracteriza em uma representação mais rebuscada.

#### 5.4 AVALIAÇÃO DO CADASTRO TERRITORIAL PARA APLICAÇÃO DA NORMA

Por meio de discussão técnica informal realizada com a coordenadora do setor de Cadastro e Cartografia do Município de Criciúma, ficou evidente a atual situação de subutilização do cadastro territorial - como ocorre em praticamente todos os municípios Brasileiros, o qual apresenta um perfil tributário. Na cidade de Criciúma, o setor de cadastro está inserido na Secretária Municipal de Infraestrutura, Planejamento e Mobilidade Urbana, com a finalidade de alimentar o sistema de cobranças.

Conforme informações levantadas junto ao setor de cadastro do Município de Criciúma, este possui cerca de 90 mil parcelas cadastradas, com 140 mil edificações existentes e destas 68 mil possuem sua matrícula digitalizada junto ao órgão. Como descrito pela coordenadora, o cadastro do Município atualmente, não subsidia as ações de planejamento urbano, por este motivo a projeção vertical não está implícita em nenhum campo dentro do sistema de informações atualmente utilizado.

A referência altimétrica, para os casos dos condomínios verticais, configura-se apenas por meio de uma descrição no campo complemento, indicando pelo número do imóvel o andar correspondente. Toma-se como base o imóvel com o código cadastral (por exemplo: 964193), localizado no 5º pavimento de um edifício com 15 andares e com sua garagem localizada no subsolo, conforme mostra a Figura 50.

Figura 50 – Sistema Cadastral – Estudo de Caso – Imóvel

The screenshot displays the 'Cadastro de Imóveis' system interface. The main window title is 'Cadastro de Imóveis - [Imóvel 964193 - Inscrição Imobiliária 0.12.11.1800.02A.271]'. The interface is divided into several sections:

- Top Bar:** Includes tabs for 'Imóvel', 'Informações Complementares', 'Imagens', and 'Localização do Imóvel'. It also shows the 'Código' (964193) and 'Contribuinte' (1020246).
- Property Details:** Fields for 'Flural' (3.03), 'Distr.' (R2), 'Setor' (T1), 'Quadra' (T1800), 'Lote' (02A), 'Zona' (271), 'Unidade' (271), and 'Situação' (Ativo).
- Address Information:** 'Endereço do Imóvel' section with fields for 'Logradouro' (2261 ED RES VIVENDAS DE ESPANHA - TORRE COSTA DE LA LUZ), 'Bairro' (1 CENTRO), 'Complemento' (APTO 501 B), and 'Cidade' (4204608 Criciúma).
- Additional Information:** 'Informações Adicionais' section with fields for 'Corresponsável', 'Telefone' (43375-51), 'Cálculo Lancto' (Considerar Corrig.), and 'End. Correspondência' (Imóvel).
- Summary Fields:** 'Logradouro' (469 Rua SETE DE SETEMBRO), 'Bairro' (1 CENTRO), 'Loteamento' (APTO 501 B), 'Cidade' (4204608 Criciúma), 'UF' (SC), 'País' (26 Brasil), and 'CEP' (88801-170).
- Navigation:** Buttons for 'Averbações', 'Histórico', 'Ações...', 'Selecionar', and 'Gravar'.

Fonte: Prefeitura Municipal de Criciúma (2018).

Observa-se – no sistema cadastral territorial da prefeitura de Criciúma a inexistente de um campo específico determinando a localização do imóvel no espaço tridimensional. De fato, tem-se uma aproximação descritiva pelo campo “complemento”, por meio do qual infere-se a sua tridimensionalidade, uma vez que o imóvel é o apto 501

do bloco B, ou seja, está localizado no quinto andar. Soma-se ainda condição descritiva do imóvel o elemento garagem, que é representado pelo dado Box 172. Portanto, os dados cadastrais do imóvel são orientados ao cenário do cadastro 2D, o qual está estruturado pela componentes descritivas de endereço, conforme mostra a Figura 51 e 52.

Figura 51 – Sistema Cadastral – Estudo de Caso – Garagem

**Cadastro de Imóveis - [Imóvel 964194 - Inscrição Imobiliária 0.12.11.1800.02A.272]**

Imóvel | Informações Complementares | Imagem | Localização do Imóvel

Código: 964194 | Contribuinte: 1020246

Rural: Não | Dist: 02A | Setor: 112 | Quadra: 111 | Lote: 1800 | Zona: 02A | Unidade: 272 | Situação: Ativo

Inscrição Anterior: 00-012-007-1800-001-02A | Latitude: | Longitude: | Matrícula: | Engloba com: 964193

Endereço do Imóvel: 2261 ED RES VIVENDAS DE ESPANHA - TORRE COSTA DE LA LUZ | Bloco: B | Apto.:

Logradouro: 468 RUA SETE DE SETEMBRO | Número: 110 | Setor: | Lote: | Quadra: | Lado: Ambos | Seção: 1

Bairro: 1 CENTRO | Complemento: BOX 172 | CEP: 88801-170

Distrito: | Loteamento: |

Informações Adicionais: Corresponsável: | Telefone: 43375-51 | Cálculo Lancto: | End. Correspondência: | Imobiliária: | Constituído em: 00/00/0000 | Última Vistoria: 00/00/0000

Imóvel	Inscrição	Engloba Com	Endereço
Principal	964193 0.12.11.1800.02A.271	Rua SETE DE SETEMBRO,110 Bloco B Apto 501	APT
Englobado	964194 0.12.11.1800.02A.272	964193 Rua SETE DE SETEMBRO,110 Bloco B	BOX

End. Correspondência | End. Adicional | Logadouras | Responsáveis | Incentivos Fiscais | Imóveis Englobados | Débito em Conta

Averbações | Histórico | Ações... | Selecionar | Gravar

Fonte: Prefeitura Municipal de Criciúma (2018).

Figura 52 – Sistema Cadastral – Estudo de Caso – Edifício

The image shows a software interface for a cadastral system. The main window is titled 'Cadastro de Imóveis - [Imóvel 964193 - Inscrição Imobiliária 0.12.11.1300.02A.271]'. It contains several tabs: 'Imóvel', 'Informações Complementares', 'Imagens', and 'Localização do Imóvel'. The 'Imóvel' tab is active, showing fields for 'Rural' (Não), 'Distr.' (12), 'Setor' (11), 'Quadra' (1800), 'Lote' (02A), 'Unidade' (271), and 'Situação' (Alvo). Below these are fields for 'Inscrição Imobiliária', 'Inscrição Anterior', 'Tipo de Cadastro', 'Endereço do Imóvel', 'Logradouro', 'Baixo', 'Número', 'Tipo', 'Pessoa', 'Ano da Construção', 'Utilização', 'Nº de Pavimentos', 'Nº de Garagens', 'Nº de Apartamentos', 'Nº de Elevadores', 'Nº de Blocos', 'Nº de Salas', 'Área Comum', and 'Área Edificada'. A modal window titled 'Cadastro de Condomínios' is open, showing details for a specific building: 'ED RES VIVENDAS DE ESPANHA - TORRE COSTA DE LA LL'. It includes fields for 'Código', 'Nome', 'Logradouro', 'Baixo', 'Número', 'Tipo', 'Pessoa', 'Ano da Construção', 'Utilização', 'Nº de Pavimentos', 'Nº de Garagens', 'Nº de Apartamentos', 'Nº de Elevadores', 'Nº de Blocos', 'Nº de Salas', 'Área Comum', and 'Área Edificada'. The modal window also has 'Gravar', 'Selecionar', and 'Excluir' buttons. The main window has a bottom bar with buttons for 'Averbações', 'Histórico', 'Ações...', 'Gravar', and 'Selecionar'.

Fonte: Prefeitura Municipal de Criciúma (2018).

Como processo complementar pode-se também fazer um estudo mais abrangente, assim considerando a edificação toda (prédio), conforme apresentado na Figura 52. Fica nítida a descrição da tipologia vertical, quando apresenta o número de pavimentos e número de apartamentos da edificação, mas não existindo nenhuma referência sobre a altura<sup>25</sup> do imóvel, ou ainda sua profundidade construtiva no nível de subsolo. Informações que poderiam ser úteis para a companhia de águas e esgoto, por exemplo, ao informar a profundidade para a travessia/planejamento de redes de infraestrutura, para a municipalidade ao gerar mapas de alagamento, permitindo saber se a edificação seria afetada por este, ou ainda a altura completa do imóvel no pavimento 15. Estes dados altimétricos seriam de extrema importância para planejar ou viabilizar, por exemplo, uma potencial implantação de antenas de comunicação, o no caso do objeto de estudo permitir uma interação com

<sup>25</sup> Altura é empregada neste termo pela dimensão altimétrica tangente ao solo da edificação. O termo altitude, como conceituado nesta pesquisa não é aplicada comumente em projetos arquitetônicos.



Figura 54 – Parte do Sistema Cadastral – Campos Espaciais

Estado de Santa Catarina		Página: 1/1	
PREFEITURA MUNICIPAL DE CRICIÚMA		Data: 29/01/2018	
Relação de Registro das Opções do BCI referente ao Ano de 2018			
Imóvel:	[REDACTED]	Inscrição Imobiliária:	[REDACTED]
Contribuinte:	[REDACTED]	Cep:	[REDACTED]
Co-responsável:	[REDACTED]	Bloco:	[REDACTED]
Logradouro:	[REDACTED]	Número:	[REDACTED]
Complemento:	[REDACTED]	Apto:	[REDACTED]
Condomínio:	[REDACTED]	Lado:	[REDACTED]
Loteamento:	[REDACTED]	Seção:	[REDACTED]
Bairro:	[REDACTED]	Lote:	[REDACTED]
Distrito:	[REDACTED]	Quadra:	[REDACTED]
		Matricula:	[REDACTED]

Item	Descrição	Abrevia	Valor
00011/99	Coordenada X (E):	Valor	[REDACTED]
00012/99	Coordenada Y (N):	Valor	[REDACTED]
00037/96	CADASTROS ENCLAVADOS (cálculo)		[REDACTED]
00860/96	INSCRIÇÃO ANTERIOR		[REDACTED]
00016/01	CÓDIGO DO SERVIÇO		[REDACTED]
00010/01	TIPO DO IMPOSTO:		[REDACTED]
00325/99	FRAÇÃO IDEAL TRADIC.	M2	[REDACTED]
00327/99	FRAÇÃO IDEALIZADA	M2	[REDACTED]
00017/96	ZPD	ZC 2-16	
00031/06	Ocupação	Edificada	
00008/01	PATRIMÔNIO	Particular	
00007/01	SITUAÇÃO DO TERRENO	Meio de Quadra / 1 Frente	
00042/01	TOPOGRAFIA	Plano	
00006/01	PEDELOGIA	Firme	
00000/04	LIMITES	Concedido ou Marado	

Fonte: Prefeitura Municipal de Criciúma (2018).

A componente altimétrica pode ser aplicada a este boletim com a adição de mais um campo, que poderia se configurar na altura superficial<sup>26</sup> ou de teto da edificação, permitindo que a componente altura esteja cadastrada para cada um dos imóveis. Passa-se assim a ter um conjunto de informações reunidas em uma única base de dados volumetricamente sistematizada (3D da ocupação territorial). Confrontando com a situação atual do sistema cadastral do Município de Criciúma, percebe-se que essas informações cadastrais altimétricas terão variadas e relevantes aplicações para a gestão municipal, não se restringindo somente a condição da tributação.

Considerando a aplicação direta da norma com a realidade de uma cidade que apresenta a existência das galerias de minas, a componente LA\_UtilityNetworksType (Tipos de Redes de Utilidade) poderia ser aplicada para identificar uma galeria interseccionando a parcela, e em seu atributo LA\_UtilityNetworkLevelType (Tipo de Nível da Rede de Utilidade), poder-se-ia ter acesso a altitude ortométrica (parte superior) tangente a cobertura da galeria, informando ao município a que profundidade, em relação a superfície (tangente ao relevo), encontra-se localizada a galeria de mina.

<sup>26</sup> Altura relativa as diferenças de medidas da parte superior e inferior do pavimento.

Conforme a Tabela 8, os itens 00011/99 e 00012/99 adicionam junto ao boletim de informação cadastral duas componentes espaciais de localização do centroide junto ao polígono da parcela.

Tabela 8 – Boletim Cadastral Imobiliário

Item	Descrição	Abrevia
00011/99	Coordenada X (E)	UTM
00012/99	Coordenada Y (N)	UTM
00047/02	Pavimentação	Sim
00058/02	Coleta de Lixo	Sim

Fonte: Adaptado Prefeitura Municipal de Criciúma (2018).

A Tabela 9, adaptada da Tabela 8, descreve uma proposição dos novos códigos de representação altimétrica.

Tabela 9 – Boletim Cadastral Imobiliário Adaptado

Item	Descrição	Abrevia
00011/99	Coordenada X (E)	UTM
00012/99	Coordenada Y (N)	UTM
	ATT	m
	ATU	m
	ATTE	m
	ATG	m
	Área de Mineração	Sim/Não
	Tipo de Mineração	Sim/Não
	Companhia Responsável	Texto
	Coordenadas X	UTM
	Coordenadas Y	UTM
00047/02	Pavimentação	Sim/Não
00058/02	Coleta de Lixo	Sim/Não

Fonte: Adaptado Prefeitura Municipal de Criciúma (2018).

Com base nos elementos relativos ao armazenamento de dados da norma ISO 19152, pode-se sugerir a adição de novos elementos que darão aspectos a tridimensionalidade ao espaço territorial, são eles:

- ATT - Referente a Altitude Tangente ao Terreno<sup>27</sup> da parte superficial da parcela, podendo ser adquirida por algum sistema de informações geográficas existentes, levando em consideração os sistemas de referência adotados pelo país.
- ATU – Referente a Altitude Tangente da Unidade<sup>28</sup>, esta componente deve estar associada ao cadastro de

<sup>27</sup> Altitude obtida a partir do levantamento primitivo do relevo da parcela.

<sup>28</sup> Altitude somada a diferença de altura da unidade territorial.

unidades da edificação, fazendo um somatório das alturas até o referido andar. Esta informação de altura de cada pavimento pode estar contida no projeto arquitetônico e posteriormente somado a altitude, medida coletada pelo centroide dentro de um sistema de informação geográfica.

- ATTE – Referente a Altitude Tangente ao Topo da Edificação do último pavimento da edificação, ou seja, a altitude da cobertura, a informação é relevante para que seja criado posteriormente algum mapa de insolação ou aproveitamento energético solar.
- ATG – Altitude do Topo da Galeria, esta componente, quando subtraída a altitude Tangente do Terreno (ATT), fornecerá em módulo a altura de recobrimento do solo em relação a galeria de mina;
- Área de Mineração – Determina se a unidade espacial está em algum polígono de áreas mineradas dentro de um SIG, caso sim - abre-se a opção para os demais atributos;
  - Tipo de Mineração – qual a camada de carvão explorada, pois esta define a altura do recobrimento;
  - Companhia Responsável - Detalha o responsável pela exploração, em caso de subsidiências ou problemas estruturais a companhia pode ser alertada;
  - Coordenadas X – Coordenada X do centroide da galeria de mina interseccionado pela parcela superficial.
  - Coordenadas Y – Coordenada X do centroide da galeria de mina interseccionado pela parcela superficial.

Lembrando que este é apenas um modelo conceitual propositivo, utilizando como referência a aplicação da norma ISO 19152.

## 5.5 AVALIAÇÃO DA NORMA PARA O CADASTRO CARBONÍFERO

De modo geral tem-se claro que o objetivo da Norma ISO 19152, não é substituir os sistemas existentes, mas de fornecer uma base estrutural sistematizada e descritiva pertinente aos elementos cadastrais - afim de ser possível a compreensão/integração “normatizada” por parte de entidades/órgão e instituições dentro ou fora de um país. A unificação das linguagens computacionais e seus sistemas de armazenamento de dados, baseada na norma auxiliará na padronização cadastral, permitindo sua leitura e interpretação, não só pelo poder público, mas também entre entidades afins, para o melhor funcionamento de todas as instituições.

Em síntese, a norma ISO 19152/2012 LADM tem como agregado de funções:

- Vincular as partes envolvidas no processo de administração da terra, pessoas organizações entre outros;
- Caracterizar a representatividade dos grupos e organizações no processo;
- Caracterizar a vinculação dos Direitos, Restrições e Responsabilidades (RRR) incidentes a parcela e seu espaço territorial (acima ou abaixo deste);
- Representar as unidades administrativas básicas e suas formas de administrar as fontes de informação;
- Administrar os relacionamentos entre as unidades espaciais e as unidades administrativas;
- Representar através de pontos, linhas, polígonos e demais entes gráficos as unidades espaciais;
- Representar as infraestruturas existentes, sua localização junto ao espaço e suas faixas de domínio;
- Representar as unidades construídas, seja de forma bidimensional ou tridimensional no espaço, a elevação do objeto;
- Agregar toda documentação cartográfica cadastral existente.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Com o desenvolvimento dessa pesquisa caracterizada pela execução prática que envolve o cadastro territorial e o cadastro temático carbonífero, verificou-se que o reconhecimento dos direitos sobre a terra deve se configurar nacionalmente como uma política que representa sobretudo a cidadania, e que está respaldada na Constituição Federal brasileira. Porém, esse reconhecimento espacial obriga aos órgãos de gestão territorial (público ou privado em nível federal, estadual ou municipal) conceber instrumentos e metodologias eficientes para evitar disputas sobre a terra e assegurar geograficamente os limites territoriais-parcelares, associando inevitavelmente os direitos e as restrições de uso, bem como as responsabilidades vinculadas a terra – tanto no contexto bi quanto no tridimensional.

No âmbito do cadastro tridimensional, verifica-se fortemente o estabelecimento da relação entre o espaço ocupado e a identificação dos direitos, restrições e responsabilidades que o afetam e que se torna viável e sistematizado com auxílio da norma ISO 19152, a qual se configura tão importante quanto o desenvolvimento de geotecnologias e metodologias visando a obtenção de dados espaciais. Portanto, especialmente considerando a demanda de desenvolvimento de novas metodologias de armazenamento sistemático e seguro, bem como de manipulação eficiente dos dados geoespaciais, e formas de ocupação territorial – comprovou-se que a ISO 19152 em nível municipal torna-se recomendada – para os casos que se aplica - pelos órgãos gestores e reguladores do território, baseado no princípio estruturante do modelo conceitual.

Corroborando com o que apregoa a própria norma, o olhar propositivo nessa pesquisa, e portanto do produto final obtido, não se configurou na pretensão de substituir o atual sistema cadastral do Município de Criciúma, ou presente na Região Carbonífera - mas de fornecer uma linguagem formal e sistemática para descrever os dados cadastrais e considerar a sua potencial correlação com demais cadastros temáticos – considerando a caracterização 3D. Nesse sentido, a proposição de integração entre o Cadastro territorial e o Cadastro Carbonífero para o Município de Criciúma foi efetiva e permitiu maior compreensão da dinâmica espacial tridimensional por parte das entidades responsáveis pelo planejamento e gestão territorial municipal. Portanto, verificou-se um adicional conjunto de dados que emana das características da cidade e que são importantes para efetuar as ações de planejamento e gestão, bem como de executar a tomada de decisão

apoiadas num princípio de (re)conhecimento especial tridimensional técnico e seguro.

Baseado no conceito do Cadastro 2014 da FIG (Federação Internacional dos Geômetras), os países (neste contexto encontra-se o Brasil), ou instituições que já possuam seus sistemas cadastrais mesmo que baseados em fundo fiscal, ou legal, centralizados ou descentralizados, compartilham da mesma relação existente entre Pessoas e Terras, ligados intrinsecamente pelo trinômio de direitos, restrições e responsabilidades sobre a terra. Partindo dessa premissa, tem-se claro que a sociedade pertencente a uma região carbonífera merece conhecer e, portanto, ter acesso ao que ocorre “abaixo dos seus pés” – de modo que o pressuposto Multifinalitário do cadastro territorial possa ser alcançado.

O Brasil tem como particularidade, em seu sistema de administração de terras, a setorização dos sistemas cadastrais, considerando maior foco ao cadastro tributário, o qual se caracteriza com pouca ou nenhuma articulação com os demais cadastros (temáticos). O LADM – apresentando a característica da modelagem de sistemas cadastrais – torna-se útil à administração pública municipal, considerando como base de referência o uso de uma semântica. Deste modo, pode-se dizer que o estudo da Norma ISO 19152 para o caso brasileiro é viável com a realidade nacional e se enquadra perfeitamente às diversas situações/realidades. Por outro lado, apesar de parecer distante tecnicamente da realidade de um cadastro territorial unificado no Brasil, a proposta dessa pesquisa – que se definiu com um perfil específico para regiões que possuem mineração no seu subsolo - antecipou e preparou as bases para implementação de uma mentalidade cadastral próximo para os municípios. No escopo da proposta do sistema cadastral, considerando a política de flexibilidade do LADM, preocupou-se com o desenvolvimento em módulos, sendo o modelo conceitual uma proposta que utilizou dos recursos e propriedades da modelagem LADM com a intenção plena de integrar o cadastro territorial ao carbonífero.

Ainda é importante ressaltar que não única e exclusivamente a integração do cadastro territorial com o minerário é importante para a administração municipal, mas também deveria ter um elo de ligação com o SIGMINE permitindo maior amplitude de decisão e planejamento em escala regional.

Tem-se claro que o modelo proposto para o município de Criciúma ainda pode ser aprimorado, mesmo porque a dinâmica da cidade está presente, e a evolução tecnológica na forma de coleta/gestão

dos dados espaciais é constante. O avanço que se teve foi o de averiguar o potencial da aplicação do LADM visando especialmente a integração entre os dois cadastros (Territorial e o Carbonífero) – o qual se mostrou efetivo e possível.

Também foi possível, de algum modo, sensibilizar os órgãos gestores dos dois cadastros sobre as suas potencialidades e deficiências, necessidade de manter os dados históricos e usá-los no contexto do planejamento estratégico a médio e longo prazo visando a plena integração pela variável bi e tridimensional.

Verificou-se, pelas entrevistas realizadas e no escopo das atividades das empresas de mineração da Região Carbonífera, as quais mantém em seu quadro técnico Agrimensores e topógrafos, o constante repasse dos Planos Técnicos de Avanço de Lavra das minas ao Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM, e que uma vez executados, de modo georreferenciado, podem indicar com precisão, a localização das galerias – tanto no contexto bi quanto tridimensional. Com base nestes documentos cartográficos, se propõe uma discussão por parte dos técnicos municipais, principalmente dos agentes habilitados do setor de Cadastro, Parcelamento do solo e Planejamento, uma plena divulgação das fontes de dados existentes das lavras subterrâneas, a fim de que seja modelada a integração entre os dados cadastrais no formato 3D, e particularizado a sua esfera superficial, ou seja, a sua matrícula. É fundamental a confiança dos dados disponibilizados, principalmente ao que tange a precisão geométrica, pois interfere diretamente na qualidade do produto gerado no cruzamento de dados para posterior modelagem gráfica. Estes dados são oriundos da base de informações do Projeto Técnico de Mina (PTM), informados anualmente pelas empresas de Mineração em seu relatório do Plano de Lavra (PL), permitindo alimentar um SIG Municipal propiciando um cadastro 3D das galerias.

Por fim, é fundamental ter claro que o escopo de gestão dos dados bi ou tridimensional é mais amplo do que somente um mapeamento de qualidade local. Neste contexto o reconhecimento e a adoção das metodologias propostas pelo Sistema de Infraestrutura dos Dados Espaciais (INDE), para o cenário que se apresenta, é condição facilitadora do processo e que teoricamente garante maior harmonia entre os sistemas e resultados.

Também torna-se necessária a ratificação da necessidade das ações técnicas de mapeamento, pautadas em normas atualizadas, seguras e que sejam aplicadas para entes envolvidos no processo de integração entre os cadastros (territorial e temáticos).

### Recomendação:

Sugere-se ainda a integração das tecnologias junto a demanda do reconhecimento do uso potencial das áreas urbanas nas suas três dimensões. Como exemplo tem-se a disposição dos pesquisadores e profissionais voltados à geotecnologia os recursos de realidade virtual.

Com esse ferramental pode-se partir de um ponto de vista aéreo, visualizar a área ocupada na superfície da urbana (terrenos e edificações), áreas internas das edificações e como um vetor apresentando orientação negativa entrar nas camadas da terra, visualizando níveis de profundidade e de mapeamento das galerias subterrâneas.

Esse recurso, integra os vários mapeamentos, permite ao empreendedor decidir aonde e como agir na abertura e orientação das galerias e por fim orientar a forma e ocupação na superfície. Uma vez conhecidos seus limites superficiais e extrapolados ao subterrâneo, podem fazer parte de uma averbação na matrícula, com dados específicos adicionais como; largura da galeria, altura da galeria, altura do recobrimento do solo, coordenadas de cada pilar existente, coordenadas montante e jusante e o tipo de mineral extraído. E após a congregação destes dados, os mesmos podem alimentar de forma automatizada o próprio sistema SIGMINE do DNPM, fornecendo ótimos elementos de gestão do território.

O desconhecimento e a falta de mecanismo para publicidade da localização das galerias de minas podem agravar um cenário de sondagem explorativa para a construção de uma edificação.

## 7 REFERENCIAS

ABANDONED MINE LAND PORTAL. **Number of Abandoned Mine Land Sites on Federal Lands Per State: 2016**. Disponível em: <<https://www.abandonedmines.gov>>. Acesso em: 10 jan. 2018.

ABCM, Associação Brasileira do Carvão Mineral. **Carvão Mineral Investimento Previsto é de R\$ 2 bilhões: 2013**. Disponível em: <[http://www.carvaomineral.com.br/interna\\_noticias.php?i\\_conteudo=128](http://www.carvaomineral.com.br/interna_noticias.php?i_conteudo=128)>. Acesso em: 05 mai. 2018.

AMARAL, José E; KREBS, Antônio S.J; PAZZETTO, Mariane B. **Bocas de Minas de Carvão Abandonadas em Santa Catarina**. Artigo publicado em XXIII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa. p. 397-402. 2009.

ANM, Agência Nacional de Mineração. **Institucional**. Disponível em: <<http://www.anm.gov.br/acesso-a-informacao/institucional>>. Acesso em: 01 jun. 2018.

ANTUNES, Tales G; OLIVEIRA, Francisco H. **Cadastro de Redes Subterrâneas no Brasil**. In: Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia e XXVI Expositicarta. 2017, Rio de Janeiro - RJ, p. 1039-1045.

ARAÚJO, Adolfo Lino de. **Cadastro 3D no Brasil a partir de varredura a laser** (laser scanning) / Adolfo Lino de Araújo; orientador, Francisco Henrique de Oliveira -Florianópolis, SC, 2015. 178 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Execução de levantamento topográfico - Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 1994. 35 p.

BANDEIRA, Felipe Ogliari. **Caracterização Geotécnica do solo da área Experimental da UFFS - Campus Chapecó**: 2016. Disponível em: <<https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/JORNADA/article/view/3559/2174>>. Acesso em: 28 mai. 2018.

BARBOSA, Vanessa. **As cidades de carvão da China estão afundando — de verdade**: 2016. Disponível em:

<<https://exame.abril.com.br/mundo/as-cidades-de-carvao-da-china-estao-afundando-de-verdade/>>. Acesso em: 31 mai. 2018.

\_\_\_\_\_. **Os 15 países com as maiores reservas de carvão do mundo.** Revista Exame, 2014. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/economia/os-15-paises-com-as-maiores-reservas-de-carvao-do-mundo>>. Acesso em: 22 jan. 2019.

BARROS, Mercia. **Fundações:** 1996. Disponível em: <[http://www.civilnet.com.br/Files/FUNDACOES/Apostila\\_Fundacoes2.pdf](http://www.civilnet.com.br/Files/FUNDACOES/Apostila_Fundacoes2.pdf)>. Acesso em 28 mai. 2018.

BENDO, Rafaela. Análise de risco e Ocupação Urbana Sobre Áreas Mineradas em Subsolo do Município de Criciúma (SC) Utilizando Técnicas de Geoprocessamento. Trabalho de Conclusão de Curso. Criciúma. 2013.

BND News. **Belleville News Democrat:** 2017 Disponível em: <<http://www.bnd.com/news/local/education/article173035696.html>>. Acesso em 02 fev. 2018.

BORTOT, A.; ZIM-ALEXANDRE. Programa de proteção e melhoria da qualidade ambiental da bacia do rio Tubarão e complexo lagunar. Rev. Tecnol. Ambiente, Criciúma, v. 1, n. 1, p. 55-74, 1995.

BOSCATTO, Flavio; OLIVEIRA Francisco H. de. **Cartografia Cadastral Urbana e os Certificados de Potencial Adicional de Construção** – CEPAC. 2006 . Anais do Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis. 2006.

BRASIL, Portal. **Sítio do Governo Federal:** 2016. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2017/01/brasil-exportou-US-36-bilhoes-em-bens-minerais-em-2016>>. Acesso em: 25 jan. 2018.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. **Atlas de energia elétrica do Brasil / Agência Nacional de Energia Elétrica.** – Brasília: ANEEL, 2002. 153 p. : il.

\_\_\_\_\_. **Decreto Nº 62.934:** 1968. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1950-1969/D62934.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1950-1969/D62934.htm)>. Acesso em 01 set. 2017.

\_\_\_\_\_. Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM. **Anuário Mineral Brasileiro** – Brasília Ano – XXXVIII - 2010. Disponível em: <[http://www.dnpm.gov.br/portal/relatorios/amb/Completo\\_2010.pdf](http://www.dnpm.gov.br/portal/relatorios/amb/Completo_2010.pdf)>. ISSN: 01009303

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Carvão no Estado de Santa Catarina. Brasília. 1981.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Normas Técnicas de Topografia Mineira. Brasília. 1986.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. **SIGMINE**. Disponível em: <<http://sigmine.dnpm.gov.br/webmap>>. Acesso em: 01 jun. 2018.

\_\_\_\_\_. Ministério da Fazenda. **Projeto CIATA - Manual do Cadastro Imobiliário - Parte 1 Execução do Cadastro**. 1979 Disponível em: <http://www.capacidades.gov.br/blog/download/id/29/post/751/midia/16485>. Acesso em: 20 jan. 2019.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Projeto CIATA - Manual do Cadastro Imobiliário. 1980.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Mineração 2030** (PNM – 2030) Brasília: MME, 2010 178 p.

\_\_\_\_\_. Portaria N° 237 de 18 de outubro de 2001. Brasília. 2001.

CARNEIRO, A.F.T.; ERBA, D.A.; AUGUSTO, E.A.A. **Cadastro Multifinalitário 3D: Conceitos e Perspectivas de Implantação no Brasil**. Revista Brasileira de Cartografia, v. 64/2 Abril. 2012.

CASTILHOS, Z. C.; FERNANDES, F. R. C. A bacia carbonífera sul catarinense e os impactos e passivos da atividade da indústria extrativa mineral de carvão na territorialidade. In: Recursos minerais & sustentabilidade territorial. Grandes minas. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2011. v.1. p.361-386. ISBN: 978-85-61121-83-9.

COSTA, T.S.P.S; CARNEIRO, A.F.T; SILVA, R.M da. **Uso da ISSO 19152 e do CityGml para a Modelagem do Cadastro 3D**. Anais do COBRAC 2016 – Florianópolis. 2016. ISBN 1980-4520

ERBA, Diego Afonso. **Referência de altura para parcelas e objeto de terra para a estruturação de cadastros 3D**. 4º Workshop Internacional de Cadastro 3D da FIG. Nov. 2014 - Dubai, Emirados Árabes Unidos.

FEAM. Fundação Estadual do Meio Ambiente do Estado de Minas Gerais. **Cadastro de minas paralisadas e abandonadas no Estado de Minas Gerais** / Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte; Feam, 2016.

FERNANDES, F. R. C.(Ed.); ALAMINO, R. C. J. (Ed.); ARAUJO, E. R. (Ed.). **Recursos minerais e comunidade: impactos humanos, socioambientais e econômicos**. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2014. 379p. ISBN 978-85-8261-003-9.

FRANCISCO, Wagner de Cerqueira e. **Riqueza mineral da África**. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/riqueza-mineral-Africa.htm>>. Acesso em: 02 de jun. de 2018.

GRANT, D.M.D.; HAANEN, A.; **A New Zealand Strategy for Cadastre 2034**. Congresso Internacional FIG, Kuala Lumpur, Malaysia 16-21 junho 2014.

HEIDER, Mathias. **Visão da Mineração Subterrânea no Brasil: 2015**. Disponível em: <<http://inthemine.com.br/site/wp-content/uploads/2017/04/ITM.66.Mercado.pdf>>. Acesso em: 22 set. de 2017.

HERRMANN, Hildebrando. **Código de Mineração de A a Z**. Campinas, SP: Millennium Editora, 2008. ISBN 978-85-7625-151-4.

HOEFLICH, Ronile; TRZASKOS, Barbara. Análise comparativa entre o código de mineração vigente desde 1967 e o substitutivo ao projeto de lei nº 37, de 2011. Revista Geociências. São Paulo, v.34, p.452-464, 2015.

INVESTIGATORIUM. **Maior mina de carvão do mundo é na Rússia obviamente**. Disponível em: <<http://www.instigatorium.com/maior->

mina-de-carvao-mundo-e-na-russia-obviamente>. Acesso em: 10 set. 2017.

ISO 19152. **Land Administration Domain Model (LADM) – ISO/FDIS 19152/2012**. 2012.

KAUFMAN, J.; STEUDLER, D. **Cadastrre 2014: A vision for a future cadastral system**. 1ª. Ed. Rüdlingen : FIG – Federação Internacional de Geômetras, v. a, 1998.

KOPPE, J.C., COSTA, J.F.C.L. **Mineração**. In: TEIXEIRA, E. C. Meio Ambiente e Carvão: Impactos da exploração e utilização. Porto Alegre: FEPAM, 2002.

KREBS, Antônio S. Dias, Adalberto A; Viero, Ana C. – **Áreas Mineradas para Carvão no Município de Criciúma – SC**. PROGESC – Programa de Informações Básicas para a Gestão Territorial de Santa Catarina (Série Recursos Minerais, v. 02), CPRM, 2ª ed. Porto Alegre: CPRM, 1994. 31 p.

KURCEWICZ, J.A. **Desmorte com explosivo em lavra subterrânea de carvão: avaliação do desempenho e utilização de ANFO**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais (PPGEM), 2004. 146p. (Dissertação de Mestrado).

LEMMEN, C., OOSTEROM, P. V., BENNETT, R. **The Land Administration Domain Model**. Land Use Policy. Edição 49, p. 535-545. 2015.

LOCH, Carlos. **Cadastro Técnico Multifinalitário: Rural e Urbano** / Carlos Loch, Diego Afonso Erba. – Cambridge, MA: Lincoln Institute of Land Policy, 2007. ISBN: 85-906701-2-0.

\_\_\_\_\_. CORDINI, Jucilei. **Topografia contemporânea: Planimetria**. Florianópolis: Ed. UFSC, 2000. 321 p. ISBN 8532800394.

MANIERO, Antônio. **Qual a diferença entre Associação, Agregação e Composição em OOP?** 2015. Disponível em: <  
<https://pt.stackoverflow.com/a/86718>> Acesso em 15 jan. 2019.

MARCELLINO, Lilian da Silva; FERREIRA, Rapaél L. **Impacto Ambiental pela Mineração de Carvão no Sul de Santa Catarina**. Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade. Curitiba, v.6, n.4, p.55-71, 2015.

MARRA, Thiago Batista. Cadastro Territorial no Brasil: modelagem de posse e propriedade a partir de Modelo para o Domínio da Administração de Terras (LADM, ISO, 19152). Dissertação de Mestrado, UnB. Brasília. 2017.

MONTIJO, Tiago. **Topografia na Mineração**: 2015. Disponível em: <<http://topografiamineracao.blogspot.com.br/2015/02/a-importancia-da-topografia-na-mineracao.html>>. Acesso em: 22 set. 2017.

PAIXÃO, S.K.S. **Cadastro Territorial Multifinalitário: Dados e problemas de implementação do convencional ao 3D e 4D**. Curitiba, v. 18, no 1, p.3-21, jan.-mar., 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/bcg/v18n1/a01v18n1.pdf>> Acesso em 04 jan. 2019.

\_\_\_\_\_. **Design of a conceptual land information management model for the rural cadastre in Brazil**: 2010. Disponível em: <<http://www2.unb.ca/gge/Pubs/TR270.pdf>>. Acesso em: 23 de abr. de 2018.

PANCHINIAK, T. Modelo Conceitual para Gestão Territorial Baseado na ISO 19152 Visando o Cadastro 3D. Florianópolis, SC, 2017. 124p.

PEREIRA, Camila Cesário. **A importância do Cadastro Técnico Multifinalitário para elaboração de Planos Diretores**. [dissertação]: orientador, Carlos Loch – Florianópolis, SC, 2009. 207p.

\_\_\_\_\_. LOCH, Carlos. A Importância do Cadastro Técnico Multifinalitário para elaboração de Planos Diretores. VIII Seminário Internacional da Lares. São Paulo. 2008.

PIEPER, Bob. **Mining subsidence risk in southwestern IL may be worst in nation**: 2017. Disponível em: <<http://chronicleillinois.com/news/metro-east-news/mining-subsidence-risk-southwestern-il-may-worst-nation/>>. Acesso em: 31 de mai. 2018.

PREIS, Eduardo. **Plano Diretor Participativo de Criciúma/SC**. [dissertação]: Uma Década de Conflitos / Eduardo Preis; orientador, Elson Manoel Pereira – Florianópolis, SC, 2012. 182 p.

REBOUÇAS, Aldo da C. **Diagnóstico Preliminar dos Impactos da Mineração na Área do Morro Estevão e do Morro Albino – Criciúma – SC**. Artigo publicado junto a Revista de Tecnologia e Ambiente/Universidade do Extremo Sul Catarinense. V.3, n.1 (1997) – Criciúma: FUCRI/UNESC, 1997.

REXPERS. **Alvará de Construção**: 2016. Disponível em: <<http://rexperts.com.br/alvara-de-construcao/>>. Acesso em: 7 jun. 2018.

SABOYA, Renato T. de. **Fundamentos conceituais para uma teoria do planejamento urbano baseada em decisões**. urbe, Rev. Bras. Gest. Urbana [online]. 2013, vol.5, n.2, pp.81-95. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/urbe/v5n2/a08v5n2.pdf>>. Acesso em: 8 abr. 2018. ISSN 2175-3369.

SCHWERZ, João Paulo. **Conhecer o Passado, Pensar o Presente: Projetar o Futuro**. Disponível em: <<http://w3.ufsm.br/quartacolonia/downloads/7%20artigo%206%20patrimonio.doc>>. Acesso em: 1 de jun. 2018.

SIECESC, Sindicato da Indústria de Extração de Carvão do Estado de Santa Catarina. **Projeto Conceitual para Recuperação Ambiental da Bacia Carbonífera Sul Catarinense**: 2001. Disponível em: <[http://www.siecesc.com.br/pdf/conceitual\\_volume\\_i.pdf](http://www.siecesc.com.br/pdf/conceitual_volume_i.pdf)>. Acesso em: 20 mai. 2018.

\_\_\_\_\_. **Relatório de Dados Estatísticos do ano de 2016**: 2016. Disponível em: <[http://www.siecesc.com.br/pdf/dados\\_estatisticos\\_ano\\_2016.pdf](http://www.siecesc.com.br/pdf/dados_estatisticos_ano_2016.pdf)>. Acesso em: 20 mai. 2018.

SILVA, Everton. **Boletim de Cadastro Imobiliário de Criciúma. Criciúma, 2001**. Manual para preenchimento do Boletim de Cadastro Imobiliário de Criciúma. Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC, 8 páginas.

\_\_\_\_\_. **Proposta de avaliação coletiva de imóveis: aplicação aos imóveis do tipo apartamento na cidade de Blumenau – Santa Catarina.** Florianópolis, 1999. Dissertação de mestrado em engenharia civil, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 95 páginas.

SILVA, Irineu. **Topografia para Engenharia: teoria e prática de Geomática** / Paulo Cesar Lima Segantine, 1. Ed. – Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. ISBN: 978-85-352-7748-7.

SILVA, Ruiz. **Abordagens de conflitos Socioambientais em casos de subsidência de minas de carvão no Brasil e EUA:** 2014. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=31731560010>>. Acesso em: 25 de mai. 2018.

SÜFFART, T.; CAYE, B. R.; DEEMON, R. F. **Projeto carvão bonito gaseificável.** Relatório final. Volume i: textos e tabelas. Porto Alegre: Ministério de Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral, 1977.

THORNHILL, Ted. **Built to feed the Soviet war machine: Inside the incredible abandoned WWII mine buried deep under the Ural mountains:** 2016. Disponível em: <<http://www.dailymail.co.uk/news/article-3681108/Built-feed-Soviet-war-machine-Inside-incredible-abandoned-WWII-buried-deep-Ural-mountains.html>>. Acesso em: 10 jan. 2018.

TORREZANI, Nelissa C. OLIVEIRA, Edson F. **Problemas ambientais decorrentes da exploração do carvão mineral e a aplicação da ecotoxicologia aquática como ferramenta de biomonitoramento.** Revista Oecologia Australis. Rio de Janeiro, p. 509-521, 2013.

TULER, Marcelo. SARAIVA, Sérgio. **Fundamentos de Topografia.** Porto Alegre: Bookman, 2014. ISBN: 978-85-8260-120-4.

WINGE, MANFREDO. **Glossário Geológico Ilustrado:** 2014. Disponível em: <<http://sigep.cprm.gov.br/glossario/index.html>>. Acesso em: 08 abr. 2018.

ZINGANO, André Cezar; KOPPE, Jair Carlos and COSTA, João Felipe C.L. **Pilar-barreira entre painéis de lavra para a mina de carvão.**

Rem: Rev. Esc. Minas [online]. 2007, vol.60, n.2, pp.219-226. ISSN 0370-4467.