



## **Fiscalização e SIG: uma Análise Integrada na Gestão de Bacias de Captação**

**Guilherme Lazzari<sup>1</sup>, Rossano Belladona<sup>2</sup>, Tiago De Vargas<sup>3</sup>, Volnei Dal Bosco<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Centro Universitário da Serra Gaúcha (FSG) (lazzariguilherme@gmail.com)

<sup>2</sup> SAMAE Caxias do Sul (rbelladona@samaecaxias.com.br)

<sup>3</sup> Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH-UFRGS) Porto Alegre (tiago.devargas@ufrgs.br)

<sup>4</sup> SAMAE Caxias do Sul (vdalbosco@samaecaxias.com.br)

### **Resumo**

O presente trabalho tem como objetivo demonstrar como as informações provenientes do processo fiscalizatório podem ser associadas ao Sistema de Informação Geográfica (SIG) para a gestão pública de bacias de captação. O processo fiscalizatório visa a realização de vistorias nestas bacias no município de Caxias do Sul, atendendo às exigências legais. Para tanto, utilizou-se o cadastro de autos de infração do Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto (SAMAE) de 1991 até 2018 e o software ArcGIS 10.4. Os autos de infração foram agrupados em 7 categorias específicas: edificações, corte de vegetação, movimentação de terra, abertura de acesso, intervenção em APP, resíduos e esgoto e outros. Observou-se que a maioria das autuações são por edificações sem licença e estão concentradas em área urbana. Nas bacias em área rural verificou-se a menor quantidade de autuações, estando elas concentradas junto às vias de acesso.

Palavras-chave: Fiscalização. SIG. Bacia de Captação

Área Temática: Gestão Ambiental Pública.

## **Inspection and GIS: An Integrated Analysis in Catchment Management**

### **Abstract**

*This paper aims to present how information from inspection process can be associated with Geographic Information System (GIS) for the public management of catchments. The inspection process focus on attending legal proceedings based on visiting catchments whose water is destined to the public supply of Caxias do Sul, Southern Brazil. In order to do so, the register of infraction notices from 1991 to 2018 of the Water and Wastewater Service of Caxias do Sul and the ArcGIS 10.4 software were used. The infraction notices were categorized in seven different groups: <sup>1</sup>construction, <sup>2</sup>vegetation cutting, <sup>3</sup>landmoving, <sup>4</sup>property access road opening, <sup>5</sup>intervention in protection areas, <sup>6</sup>waste and sewage and <sup>7</sup>others. The results showed that most of the notices were due to unlicensed constructions which are concentrated in the urban region. In the rural catchments it was possible to verify the fewest quantity of infraction notices and they are concentrated near the roads.*

*Key words: Inspection. GIS. Catchment.*

*Theme Area: Public Environmental Management*



## 1 Introdução

O município de Caxias do Sul (Figura 1) está localizado no nordeste do Estado do Rio Grande do Sul, apresentando uma área de 1.644,29 km<sup>2</sup>. A sede municipal dista 96 quilômetros da capital do Estado, Porto Alegre, e 130 quilômetros da costa com o Oceano Atlântico no sentido noroeste-sudeste (BELLADONA *et al.*, 2018). Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em seu censo demográfico de 2010, o município tem uma população estimada para o ano de 2019 de 510.906 habitantes, tendo registrado em seu último censo uma população de 435.464 (IBGE, 2019). O abastecimento público é predominantemente realizado por água superficial, através de barramento de pequenos arroios. A gestão das bacias hidrográficas formadas a partir dos reservatórios conta com respaldo legal desde 1978. A Lei Municipal n.º 2.452 de 1978 disciplinava o uso do solo focada na proteção dos mananciais e recursos hídricos, sendo revogada em dezembro de 2005 quando foi sancionada a Lei Complementar n.º 246 de 2005. Esta última disciplinou o uso e parcelamento do solo em nove bacias de captação, além de atribuir ao Serviço Municipal de Água e Esgoto (SAMAE) a responsabilidade de manter a fiscalização e gerenciar o controle destas atividades (CAXIAS DO SUL, 2005).

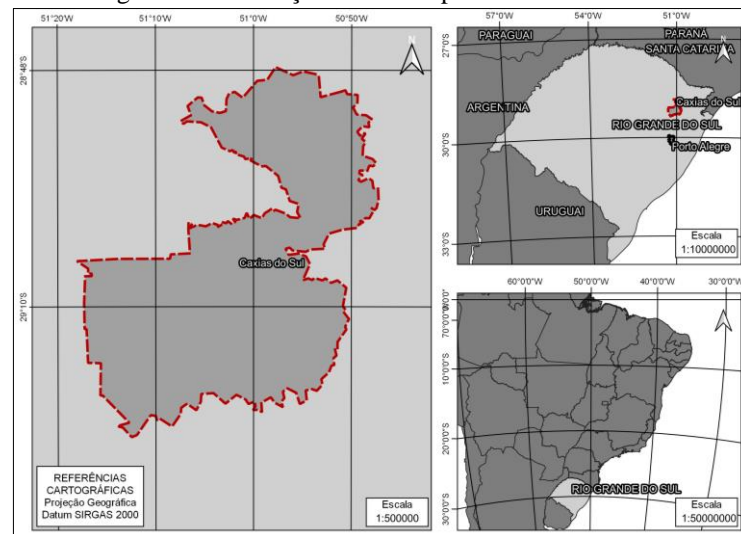
O Capítulo XVI da Lei Complementar n.º 246 de 2005 refere-se à Fiscalização e estabelece, nos seus artigos 78 e 79, que fica assegurado aos fiscais, em qualquer dia e hora o livre acesso a estabelecimento público ou privado, exceto no interior de residências, sejam instalações comerciais, industriais, religiosas ou recreativas, prestadoras de serviços. E cabe aos fiscais as funções de efetuar vistorias e levantamentos, inspeções de rotina, lavrar notificações ou autos de infração, verificar a ocorrência de infrações e aplicar as penalidades cabíveis e praticar os atos necessários ao eficiente e eficaz desempenho da vigilância nas áreas de bacia de captação (CAXIAS DO SUL, 2005).

Belladonna *et al.* (2018) relatam o histórico do gerenciamento cartográfico do SAMAE, quando inicialmente as atividades em bacia eram gerenciadas através de mapas físicos. Com o avanço da tecnologia e da criação de softwares computacionais, o processo acabou passando por melhorias e evoluções auxiliando na gestão e na tomada de decisão. Até meados de 2014 os mapas eram elaborados em CAD, sendo em 2015 gerados mapas físicos e digitais em plataforma de Sistema de Informação Geográfica (SIG), unificando a base de dados e conduzindo a utilização da mesma por todos os usuários da rede. Longley *et al.* (2013) deixam claro que SIGs são sistemas computacionais feitos para armazenar e processar informações geográficas, melhorando a eficiência e efetividade do tratamento da informação de aspectos e eventos geográficos. Os autores adicionam que os SIGs podem ser utilizados para uma série de atividades, como armazenar grandes quantidades de informação em bancos de dados, realizar operações analíticas em uma fração de tempo do que seria necessário manualmente e automatizar a confecção de mapas.

As atividades de fiscalização necessitam de apoio cartográfico e registros georreferenciados para otimizar o trabalho e para obter resultados positivos para a gestão das atividades que ocorrem em bacias de captação, visando assegurar a disponibilidade de água em quantidade e qualidade. Além disto, a associação de dados obtidos em fiscalização em campo ao SIG fornece subsídio aos técnicos para a tomada de decisão e facilita as análises de informações oriundas do processo fiscalizatório. Com isto, o presente trabalho tem como objetivo demonstrar como as informações provenientes do processo fiscalizatório podem ser associadas ao SIG para a gestão pública de bacias de captação.



Figura 1: Localização do município de Caxias do Sul.



## 2 Metodologia

### 2.1 Processo Fiscalizatório

Através de roteiros definidos, fiscais municipais realizam a fiscalização sistemática nas bacias de captação de Caxias do Sul. Neste momento são verificadas todas as atividades que acontecem nestas áreas e se as mesmas estão de acordo com as exigências da Lei Complementar n.º 246 de 2005, cabendo ao fiscal a obrigação de autuar e embargar qualquer atividade em desacordo. As autuações são mapeadas por levantamento topográfico com a utilização de GPS e, quando necessário, Estação Total. Após isto, as intervenções são avaliadas por equipe técnica que fornece subsídio técnico para a regularização ou desfazimento da atividade objeto de fiscalização. O processo fiscalizatório detalhado pode ser consultado em Caxias do Sul (2016), no seu Capítulo III Título II.

### 2.2 Base de Dados

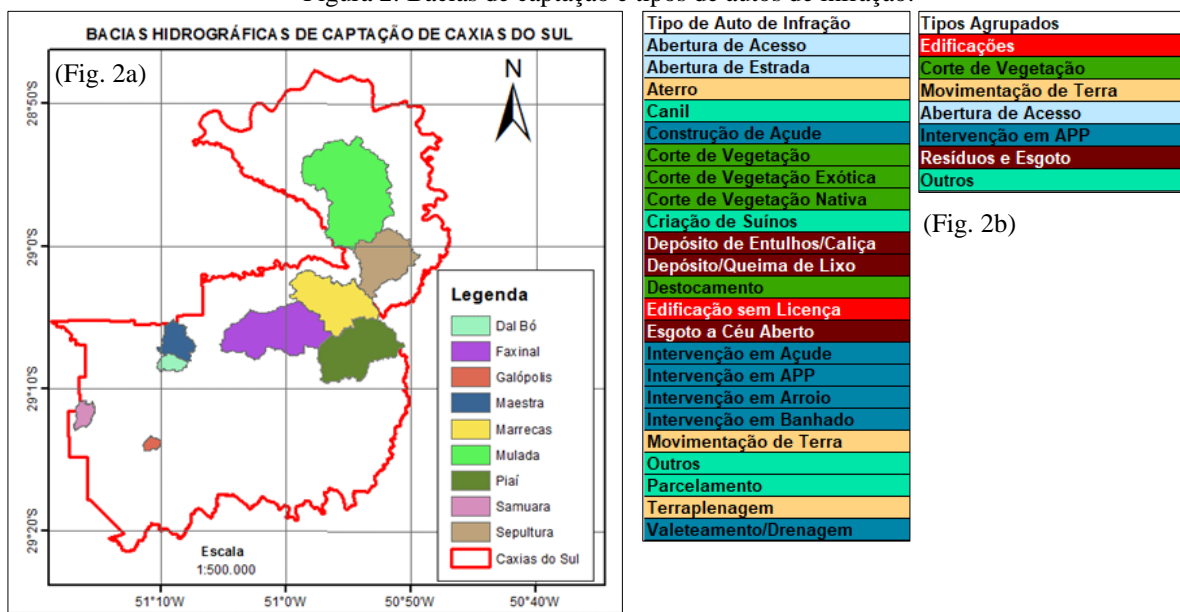
Os dados utilizados para confecção dos mapas e planilhas foram oriundos do banco de dados SIG do SAMAE, disponíveis em formato *.sde* e utilizados através do ArcGIS 10.4 (ESRI, 2011), podendo ser exportados para planilha Excel, o que facilita a criação de outros arquivos em formato SIG para confeccionar os mapas e demais informações auxiliares. O cadastro avaliado corresponde até a atualização de maio de 2019. O cadastro de autos de infração data desde o ano de 1991, onde buscou-se apresentar o total dos mesmos até 2018, mantendo fora deste estudo os últimos registros referentes ao ano de 2019, visto que o quantitativo de infrações deste último não havia sido concluído até a data desta pesquisa. Os autos de infração estão separados em nove bacias de captação (Figura 2a) e foram agrupados em 7 categorias específicas: edificações, corte de vegetação, movimentação de terra, abertura de acesso, intervenção em APP, resíduos e esgoto e outros. A Figura 2b demonstra o agrupamento dos 23 tipos diferentes de infrações nestas 7 categorias.

Exportaram-se os dados cadastrados para uma planilha eletrônica, utilizando-se da ferramenta *Table to Excel* do ArcGIS 10.4 (ESRI, 2011). Com os dados em planilha eletrônica torna-se possível a quantificação, separação e agrupamento dos tipos de autos de infração, obtendo os dados necessários para posteriormente serem inseridos em outro arquivo vetorial, que poderão ser utilizados para apresentação de gráficos no formato desejado. Posteriormente,



gráficos foram obtidos com a ferramenta *Create Graphs* do ArcGIS 10.4 (ESRI, 2011) contendo as quantidades e porcentagens de autos de infração e separados por bacia de captação.

Figura 2: Bacias de captação e tipos de autos de infração.



### 2.3 Elaboração dos Mapas de Infração

Testes foram realizados para encontrar a melhor forma de apresentação espacial dos autos de infração, optando-se pela apresentação separada por bacia de captação, otimizando a escala visual de cada um dos mapas. Foi utilizado o mecanismo *Data Driven Pages* mas chegou-se à conclusão que sua utilização não seria viável para este tipo de trabalho, descartando então esta opção, mantendo separados um *mxd* (arquivo em que o layout e todos *shapefiles* ficam armazenados) para cada bacia. Foram exportados os dados de cada uma das sete categorias do formato *.sde* para *shapefile*, alterando a sua geometria de polígono para ponto com o auxílio da ferramenta *Polygon centroids* do software QGIS 2.18.15 (QGIS Development Team, 2019). Para facilitar a visualização e a organização do arquivo de trabalho, optou-se por realizar a união dos pontos em um arquivo vetorial apenas, utilizando a ferramenta *Merge* do ArcGIS 10.4 (ESRI, 2011).

### 3 Resultados e Conclusões

Foram gerados quatro mapas: um histórico com os registros de 1991 até 2018 e outros somente com os totais dos anos de 2016, 2017 e 2018, conforme exemplificado na Figura 3 (Fig. 3a: registros históricos, Fig. 3b: totais anuais de 2016, Fig. 3c: totais anuais de 2017, Fig. 3d: totais anuais de 2018). Os mapas contêm gráficos referente a cada bacia hidrográfica, representando a porcentagem de cada tipo de auto de infração, dois gráficos em barra: um correspondente ao quantitativo de autos de infração; e outro aos valores em porcentagem. Observa-se também (Figura 3) duas tabelas com os dados utilizados em cada gráfico, respectivamente.





Figura 3: Mapas quantitativos de autos de infração históricos, anos de 2016, 2017 e 2018.

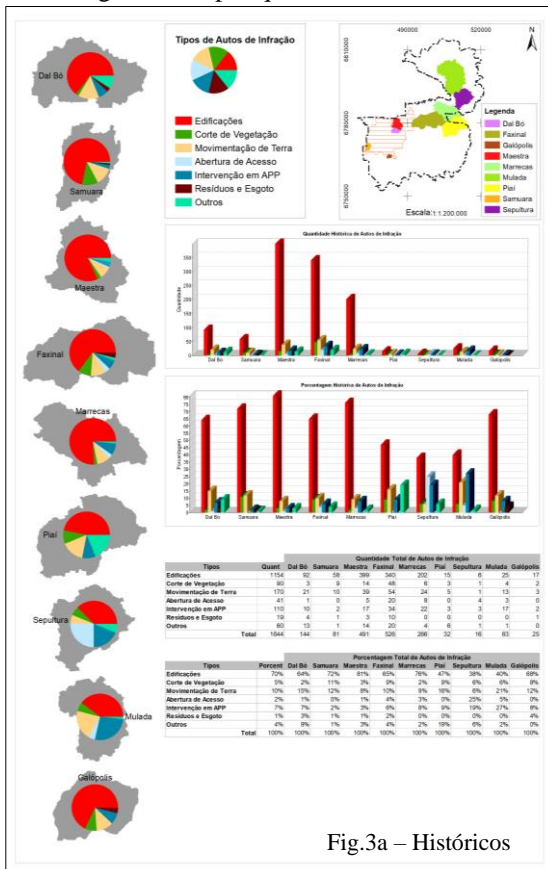


Fig.3a – Históricos

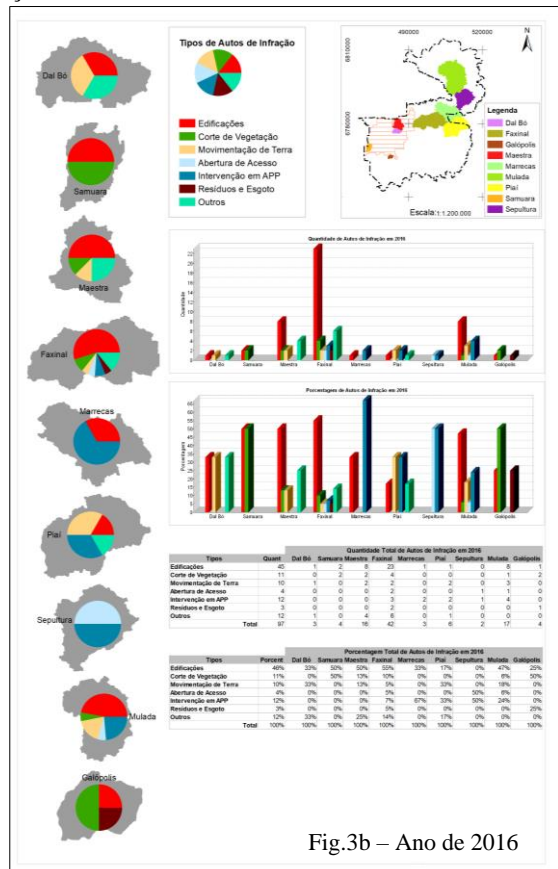


Fig.3b – Ano de 2016

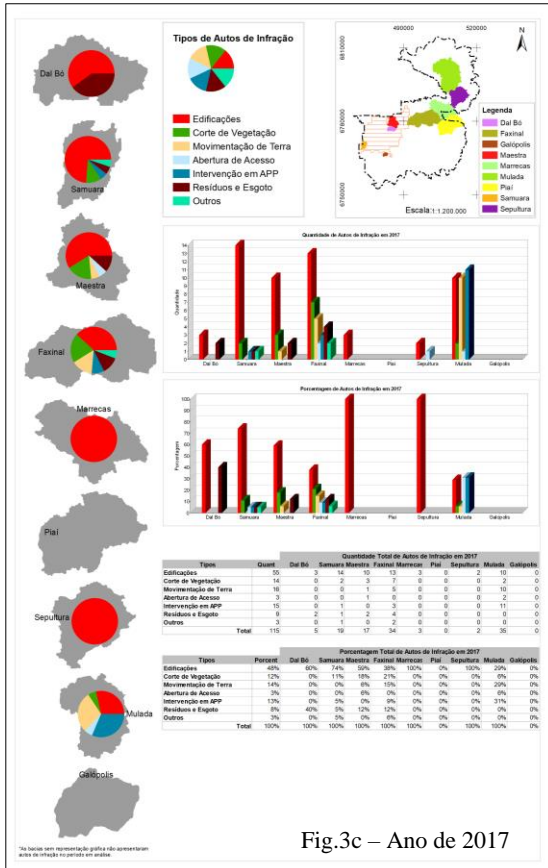


Fig.3c – Ano de 2017

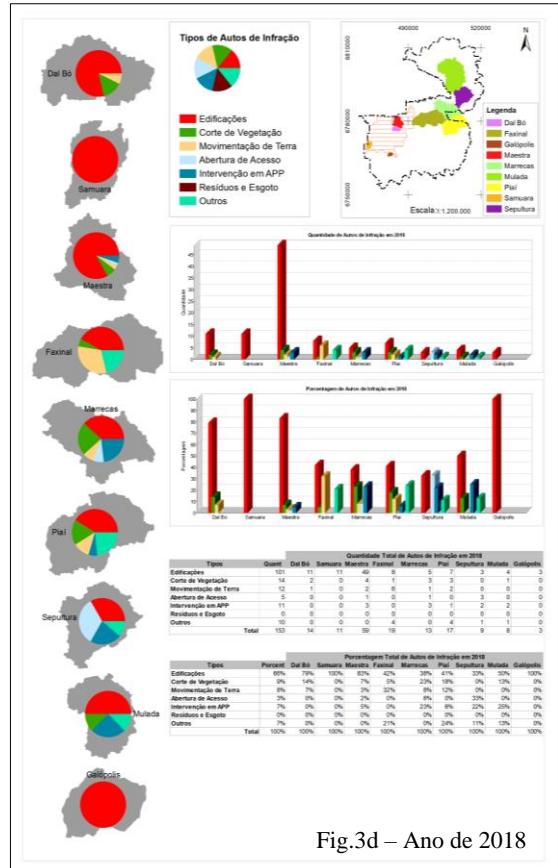


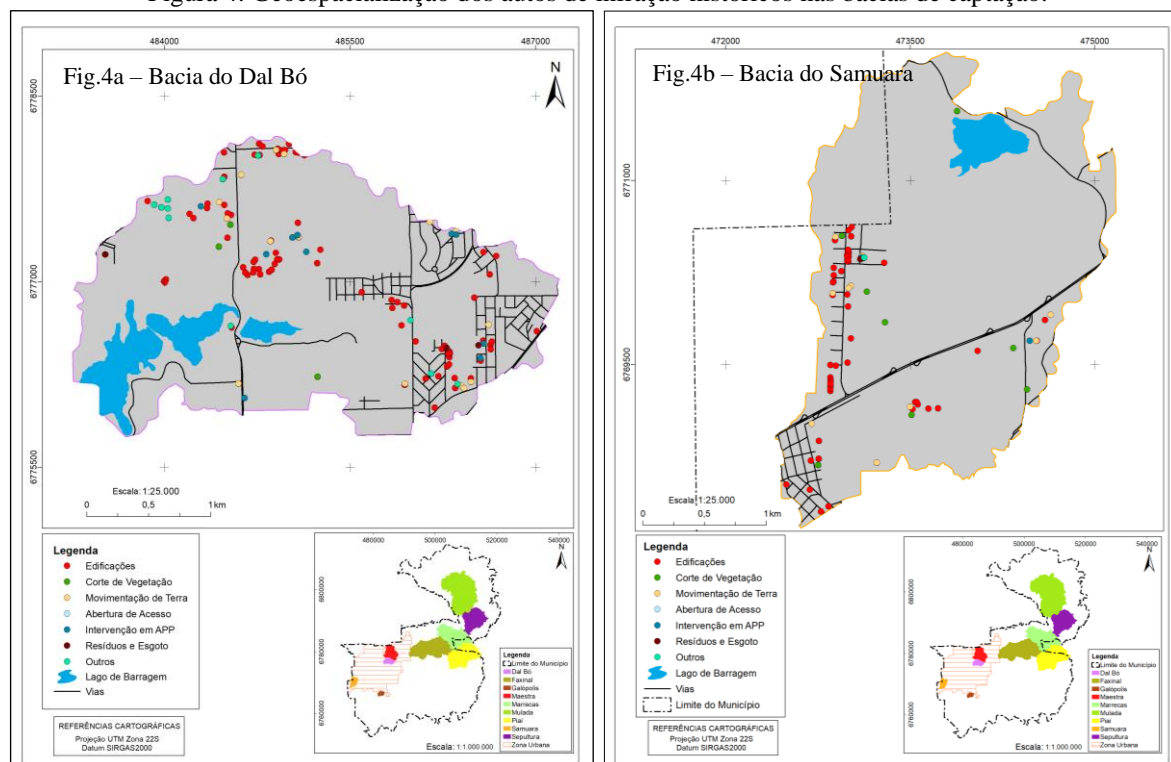
Fig.3d – Ano de 2018

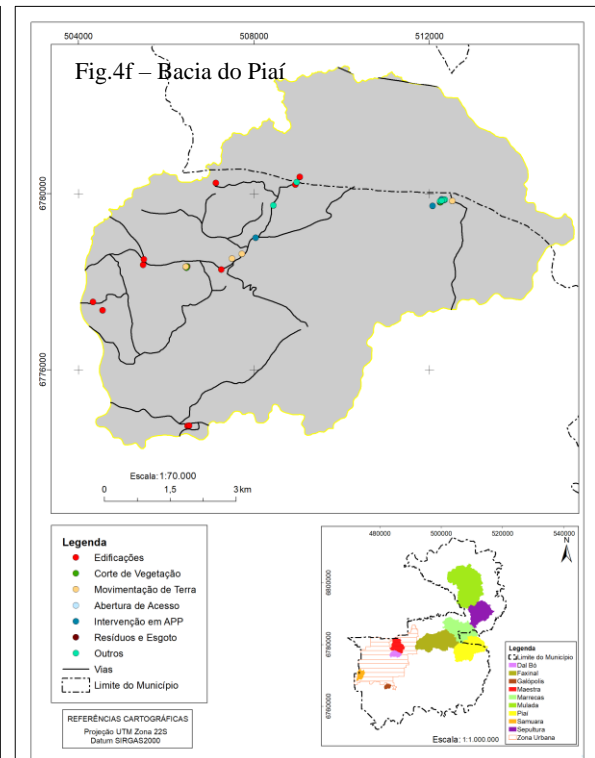
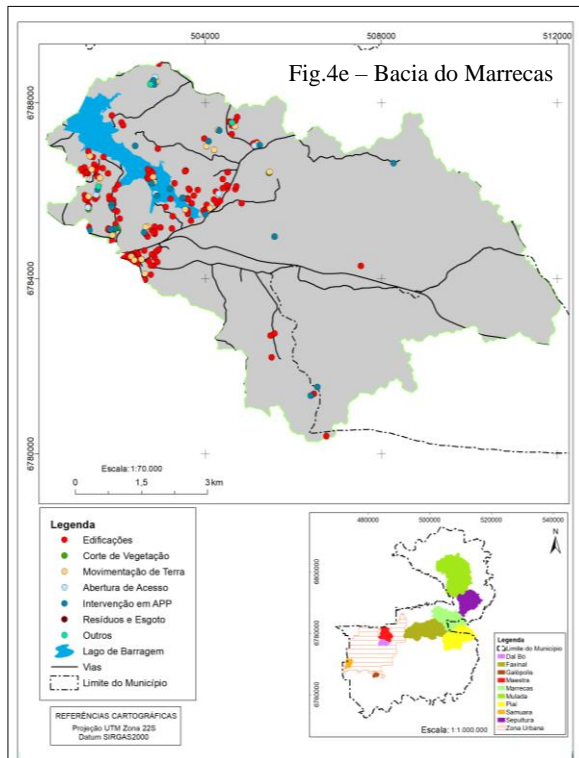
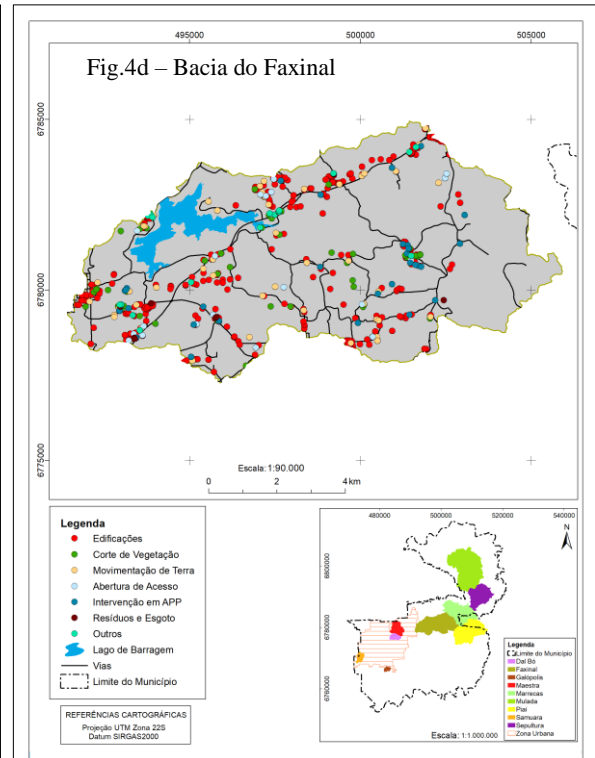
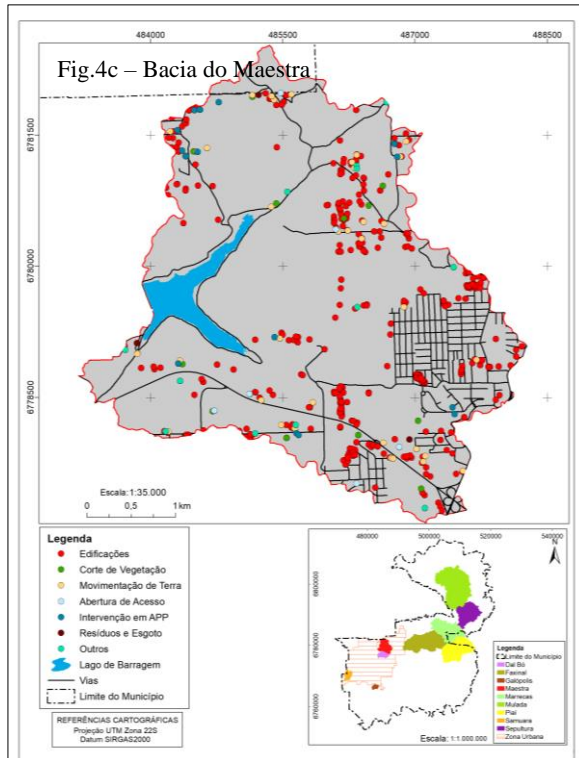


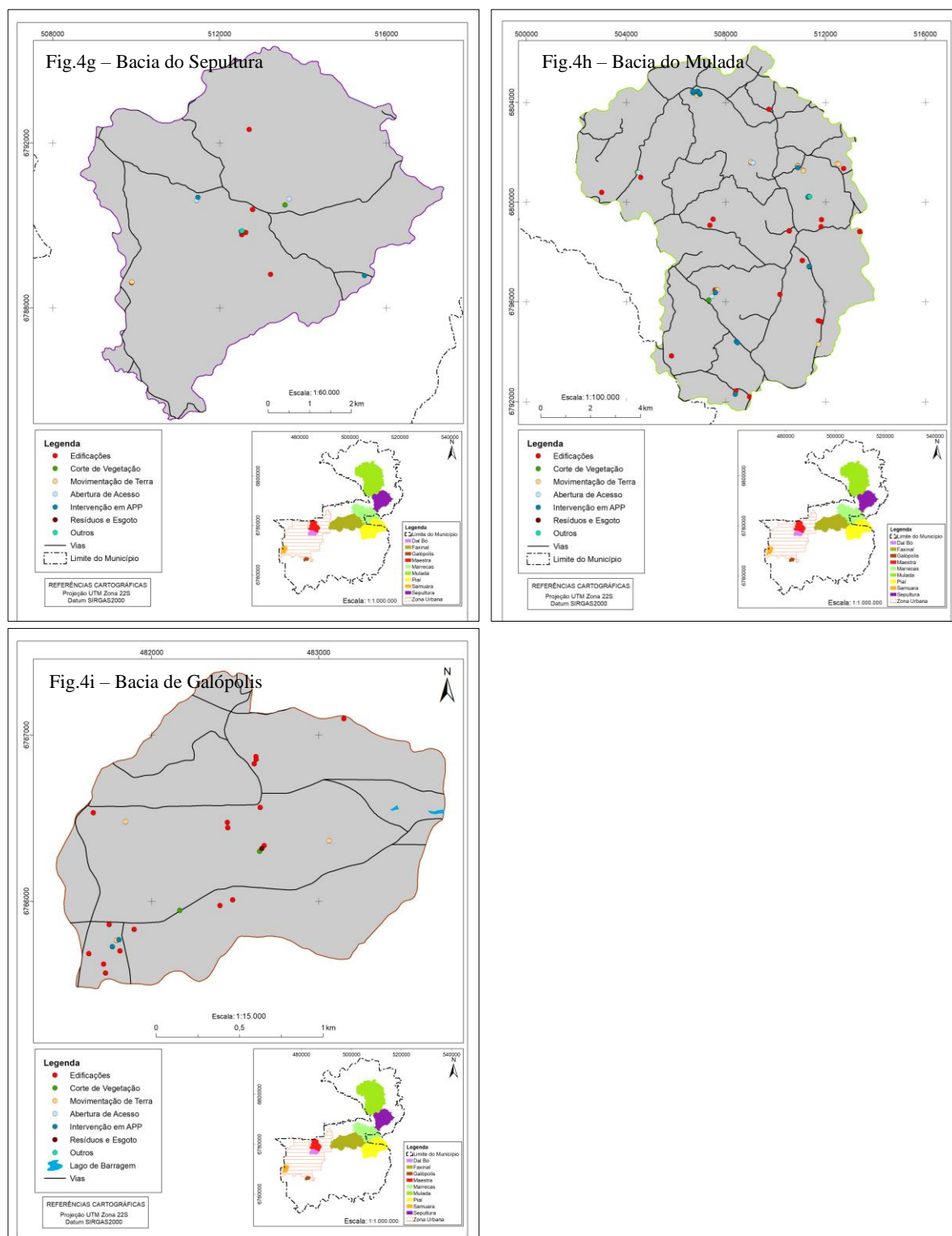
Os mapas gerados (Figura 3) possibilitaram observar que a maior quantidade histórica de autos de infração é encontrada na Bacia do Faxinal, totalizando 526 e predominando as edificações sem a devida aprovação. Entretanto, a maior quantidade deste tipo específico de autuação ocorreu na Bacia do Maestra, que está localizada junto à área urbana do município de Caxias do Sul. A menor quantidade de autos de infração é observada na Bacia do Sepultura, situada na área rural do município, com 16 autos de infração. Em relação aos anos de 2016, 2017 e 2018, o primeiro ano apresentou uma menor quantidade de autos de infração em relação aos anos seguintes, totalizando 97, seguido por 115 em 2017 e 153 em 2018. As bacias que apresentaram maior quantidade de autuações para cada ano foram as bacias do Faxinal (2016), Mulada (2017) e Maestra (2018). As menores quantidades foram verificadas na bacia do Sepultura (2016), Piaí e Galópolis (sem autos de infração em 2017) e Galópolis (2018), em ambos os anos prevalecem as autuações relacionadas a edificações sem aprovação.

A geoespacialização dos autos de infração (Figura 4) denota que os locais de ocorrência ficam próximos as vias de acesso, e apresentam-se em maior quantidade nas bacias localizadas em área urbana, como é o caso da bacia do Maestra, observa-se uma menor quantidade na bacia do Sepultura, por estar em área rural. Quanto aos mapas gerados (Figura 4), é possível realizar uma análise espacial: <sup>1</sup>percebe-se a distribuição dos pontos de cada auto de infração, <sup>2</sup>a categoria específica de infração e <sup>3</sup>os locais de maiores ocorrências de cada categoria de infração. A Figura 4 evidencia a geoespacialização dos autos de infração em cada bacia de captação prevista na Lei Complementar n.º246/2005, sendo então nove mapas com dados históricos (Fig. 4a para a bacia do Dal Bó, Fig. 4b para a bacia do Samuara, Fig. 4c para a bacia do Maestra, Fig. 4d para a bacia do Faxinal, Fig. 4e para a bacia do Marrecas, Fig. 4f para a bacia do Piaí, Fig. 4g para a bacia do Sepultura, Fig. 4h para a bacia do Mulada, Fig. 4i para a bacia de Galópolis).

Figura 4: Geoespacialização dos autos de infração históricos nas bacias de captação.







O gráfico apresentado na Figura 5 apresenta os totais anuais de autos de infração, iniciando no ano de 2000 até 2018. Realizando uma análise nos valores apresentados, nota-se que a menor quantidade ocorreu em 2001, com 42 autos de infração, no ano de 2010 observa-se que houve uma relativa redução em relação aos anos anteriores, e então a partir do mesmo ano ocorre em leve aumento, sendo encontrada a maior quantidade de autuações no ano de 2018 com 153 autuações.

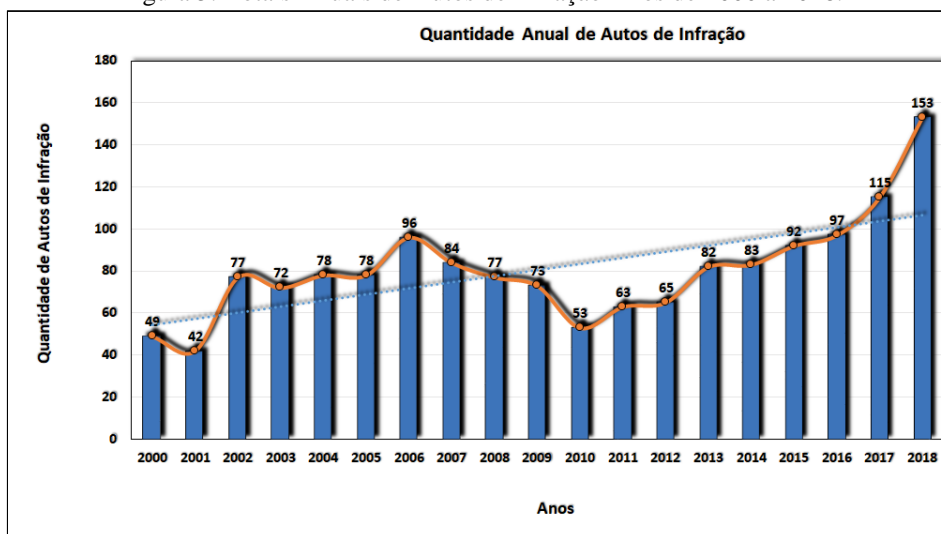




## 7º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 9 a 11 de maio de 2023

Figura 5: Totais Anuais de Autos de Infração Anos de 2000 a 2018.



A associação de dados do processo fiscalizatório ao SIG foi capaz de gerar produtos que facilitam a análise por parte dos técnicos, tanto na questão espacial quanto quantitativa. A utilização do SIG consegue automatizar a geração dos mapas e facilita a criação de um conjunto de informações que podem ser apresentados de diversas formas.

#### 4 Referências

BELLADONA, R.; VARGAS, T. DE; ADAMI, M. V. D. **Cartografia como Ferramenta de Gestão Pública: Evolução Histórica do Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto de Caxias do Sul**. 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente. Anais...Bento Gonçalves - RS, Brasil: 2018.

CAXIAS DO SUL. **Decreto N° 18.537, de 21 de dezembro de 2016**.

CAXIAS DO SUL. **Lei Complementar N° 246, de 6 de dezembro de 2005**.

ESRI 2011. ArcGIS Desktop: Release 10.4. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Caxias do Sul – Panorama**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/caxias-do-sul/panorama>>. Acesso: 03 nov. 2019.

LONGLEY, P. A; GOODCHILD, M. F.; MAGUIRE, D. J.; RHIND, D. W. **Sistemas e Ciência da Informação Geográfica**. 3 ed. - Porto Alegre: Bookman, 2013.

QGIS Development Team, 2019. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <<http://qgis.osgeo.org>>

SAMAE. Disponível em: <https://www.samaecaxias.com.br/Pagina/Index/2>. Acesso em 14 maio de 2019.

SAMAE. Disponível em: <https://www.samaecaxias.com.br/Pagina/Index/6>. Acesso em 14 maio de 2019.