



**Carlos Zaki Antaki**

**O Decreto Estadual nº 42.356/2010 e as alterações paisagísticas na Faixa Marginal de Proteção: Estudo de Caso no rio Piabanha/RJ.**

**Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana e Ambiental do Departamento de Engenharia Civil da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Urbana e Ambiental.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Ana Cristina Malheiros Gonçalves  
Co-orientador: Prof. Rafael da Silva Nunes

Rio de Janeiro  
Maio de 2024



**Carlos Zaki Antaki**

**O Decreto Estadual nº 42.356/2010 e as alterações paisagísticas na Faixa Marginal de Proteção: Estudo de Caso no rio Piabanha/RJ.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana e Ambiental do Departamento de Engenharia Civil da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Urbana e Ambiental. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada:

**Prof.<sup>a</sup> Ana Cristina Malheiros Gonçalves Carvalho**

Orientadora

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental – PUC-Rio

**Prof. Rafael da Silva Nunes**

Coorientador

Departamento de Geografia – PUC-Rio

**Prof. Antonio Krishnamurti Beleño de Oliveira**

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental – PUC-Rio

**Prof. Rodrigo Wagner Paixão**

Departamento de Geografia – UERJ

Rio de Janeiro, 20 de Maio de 2024

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial deste trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

## Carlos Zaki Antaki

Graduou-se em Engenharia Ambiental e Sanitária na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro em 2019. Em sua trajetória participou de iniciação científica em poluentes atmosféricos, estágio na Embrapa Solos, possui mais de 4 anos de experiência com análises ambientais. Atualmente é analista pleno da NewFields e atua em processos e perícias ambientais, com expertise em sistema de informações geográficas, supervisão de campo e investigação local (águas subterrâneas, águas superficiais, ar e solo).

Ficha Catalográfica

Antaki, Carlos Zaki

O Decreto Estadual nº 42.356/2010 e as alterações paisagísticas na Faixa Marginal de Proteção: Estudo de Caso no rio Piabanha/RJ. / Carlos Zaki Antaki; Orientadora: Ana Cristina Malheiros Gonçalves Carvalho; Coorientador: Rafaela da Silva Nunes. – 2024.

99 f.; 30 cm

1. Dissertação (mestrado) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental, 2024.

Inclui referências bibliográficas.

1. Engenharia Civil e Ambiental - Teses. 2. Engenharia Urbana e Ambiental - Teses. 3. Decreto Estadual n.º 42.356/2010. 4. Faixa Marginal de Proteção. 5. Rio Piabanha. 6. Código Florestal. 7. Sensoriamento Remoto. I. Carvalho, Ana Cristina Malheiros Gonçalves. II. Assumpção, Rafaela dos Santos Facchetti Vinhaes. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental. IV. Título.

CDD:624

Dedico este trabalho a minha família e aos amigos aqui mencionados, pois estes foram pilares essenciais em minha jornada acadêmica. Agradeço o constante apoio, amor e compreensão, tornando cada conquista ainda mais significativa.

## Agradecimentos

A D's minha profunda gratidão por iluminar meus caminhos e dar forças durante todo o processo desta dissertação. Sua constante inspiração, graça e benção que me proporcionaram forças para superar obstáculos e gratidão por cada conquista.

Aos meus amados PAIS, CARLOS e LIANNA, pela dedicação incansável, pelo carinho, amor e educação proporcionada. Por sempre estarem presentes em todos os momentos com palavras de apoio e movendo montanhas para que eu tenha as melhores condições. Também por ter me ensinado a sonhar com um futuro melhor, servindo de exemplo e inspiração para todos os meus passos. Este trabalho é dedicado a vocês, meus heróis, com todo o meu amor e reconhecimento.

Aos meus parceiros e companheiros de quatro patas, meus cachorros Amity e Lugi, expresso minha sincera gratidão. Durante longas horas de estudo e reflexão, vocês foram a fonte constante de conforto, alegria e companhia. Suas presenças tranquilizantes foram um bálsamo para as pressões acadêmicas, enchendo meu espaço de trabalho com amor incondicional. Agradeço por cada momento compartilhado, transformando esta jornada em uma experiência ainda mais especial.

A minha querida e especial tia Pitucha, expresso minha profunda gratidão por seu apoio ao longo de mais essa etapa. Agradeço do fundo do meu coração por sua generosidade e dedicação comigo e com todos os familiares. Essa conquista também é sua.

Agradeço profundamente à minha orientadora, Ana Cristina e coorientador, Rafael, por sua orientação excepcional ao longo desta jornada acadêmica. Sua expertise, dedicação e apoio foram fundamentais para o desenvolvimento desta dissertação. A orientação firme, os valiosos conselhos e a paciência demonstrada foram cruciais para o meu crescimento profissional e pessoal. Sou grato por ter contado com uma equipe tão competente, comprometida e inspiradora. Vocês foram peça chave no meu percurso.

Aos meus amigos e familiares, expresso minha sincera gratidão por terem sido a rede de apoio mais incrível durante todo período. Parceria, encorajamento e compreensão foram a

força propulsora por trás de cada desafio superado. Agradeço por compartilharem alegrias, aliviarem as dificuldades e serem fontes inesgotáveis de inspiração e força. Cada um de vocês contribuiu de maneira única para o meu sucesso.

Ao meu amigo, Pedro Chagas, pelo auxílio técnico que me foi prestado com grande competência durante a elaboração dos elementos gráficos que constam neste trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## Resumo

Antaki, Carlos Zaki; Carvalho, Ana Cristina Malheiros Gonçalves (orientadora); Nunes, Rafael da Silva (coorientador). **O Decreto Estadual nº 42.356/2010 e as alterações paisagísticas na Faixa Marginal de Proteção: Estudo de Caso no rio Piabanha/RJ.** Rio de Janeiro, 2024. 99p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A preocupação ambiental do ponto de vista hídrico tem sido abordada com alto grau de importância nos últimos anos. No Brasil, o Estado do Rio de Janeiro (ERJ) possui legislação estadual própria que permite aplicar limites de Faixas Marginais de Proteção inferiores à área mínima prevista no Código Florestal Brasileiro, contanto que se trate de uma área urbana consolidada (Decreto nº 42.356/2010). Nesse sentido o trecho 2 do rio Piabanha, inserido no município de Petrópolis, foi escolhido como palco para identificar e quantificar as mudanças legais e paisagísticas que legislação ambiental promoveu ao longo do tempo. Por meio de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto foi possível identificar as mudanças de padrão de Uso e Cobertura das áreas que integram as Faixas Marginais de Proteção do rio Piabanha/RJ (trecho 2) ao longo de três marcos temporais (2006/2009, 2015, 2021). O resultado aponta, em 2021, a área da FMP (103,9 hectares) apresentou 52,7% de seu total equivalente à classe de construção, foram exploradas estatísticas quanto à mudança paisagística das classes de uso e cobertura entre o período inicial de ‘2006/2009’ e o período final ‘2021’. Foram apontados aspectos naturais da dinâmica de erosão e deposição do rio que influenciam diretamente na legislação ambiental modificando parâmetros da própria delimitação das Faixas Marginais de Proteção. Por fim é gerada uma discussão de meios e estratégias que podem corroborar com a abordagem do poder público e privado em relação à área protegida permanente do município de Petrópolis.

**Palavras-chave:** Faixa Marginal de Proteção; FMP; Rios; Vegetação; Geoprocessamento.

## Extended Abstract

Antaki, Carlos Zaki; Carvalho, Ana Cristina Malheiros Gonçalves (advisor); Nunes, Rafael da Silva (co-advisor). **State Decree No. 42.356/2010 and the landscape changes in the Marginal Protection Zone: Case Study of the Piabanha/RJ River.** Rio de Janeiro, 2024. 99p. Master's Thesis - Department of Civil and Environmental Engineering, Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro.

## Introduction

From a governmental point of view, discussions involving preservation areas in regions close to watercourses began by Emperor Dom Pedro II in the Tijuca Forest in Rio de Janeiro city, created in 1861, aimed at reversing results from deforestation and coffee plantations in Tijuca's Massif (CARVALHO, 2007). This fact supports that even before the creation of specific legislation focused on the environmental agenda, there was already an understanding by Brazilian and Portuguese managers about the role of native vegetation in maintaining water resources, especially at their origin - the springs or so called 'eyes of water'.

After the turn of the century, another related legislative fact was promulgated, Decree No. 4,421 of December 28, 1921 (BRAZIL, Decree No. 4,421), which did not specifically mention Riparian Areas Protection Regulation (RAPR), but wrote on protected areas in general, as a guarantee of balance, purity and abundance of water resources. Further ahead, in 1934, the next historical milestone in which the Brazilian government presided over by President Getúlio Vargas drafted the first Forest Code (IPEA, 2016). The main objective of this document was limited to the management, restriction and punishment of interventions on water bodies, and in 1965 this code was edited in detail through Law 4,771/65 (BRASIL, 1965), which defined the surroundings of rivers and their springs as permanent preservation areas.

In June 2000, the National System of Conservation Units was created through Law No. 9,985, where a complement to the objectives linked to the preservation of water courses was discussed, and at that moment the legislation began to establish more clearly rights and duties to be followed by municipalities and states and, along with this, protection tools, guidelines for the use of different ecosystems, rules for controlling activities and criteria for determining different categories of Conservation Units (BRAZIL, 2000).

Further on, in the State of Rio de Janeiro, environmental legislation gained another highlight in its timeline, this time in 2010, where State Decree 42.356 was promulgated (RIO DE JANEIRO, 2010), defining RAPR parameters for areas bordering rivers, lakes and lagoons due to the existence of a consolidated urban area. This decree is seen with spotlight and close attention by this dissertation.

Finally, in 2012, the new Brazilian Forest Code was instituted, Law No. 12.651 of May 25, which incorporated changes with regard to the protection of the RA directly linked to bodies of water and other important features that make up the landscape natural, linked to the hydrological cycle (BRASIL, 2012). In addition to redefining parameters for the delimitation of RAs, in Figure 1 there's a timeline of the historical changes mentioned so far.

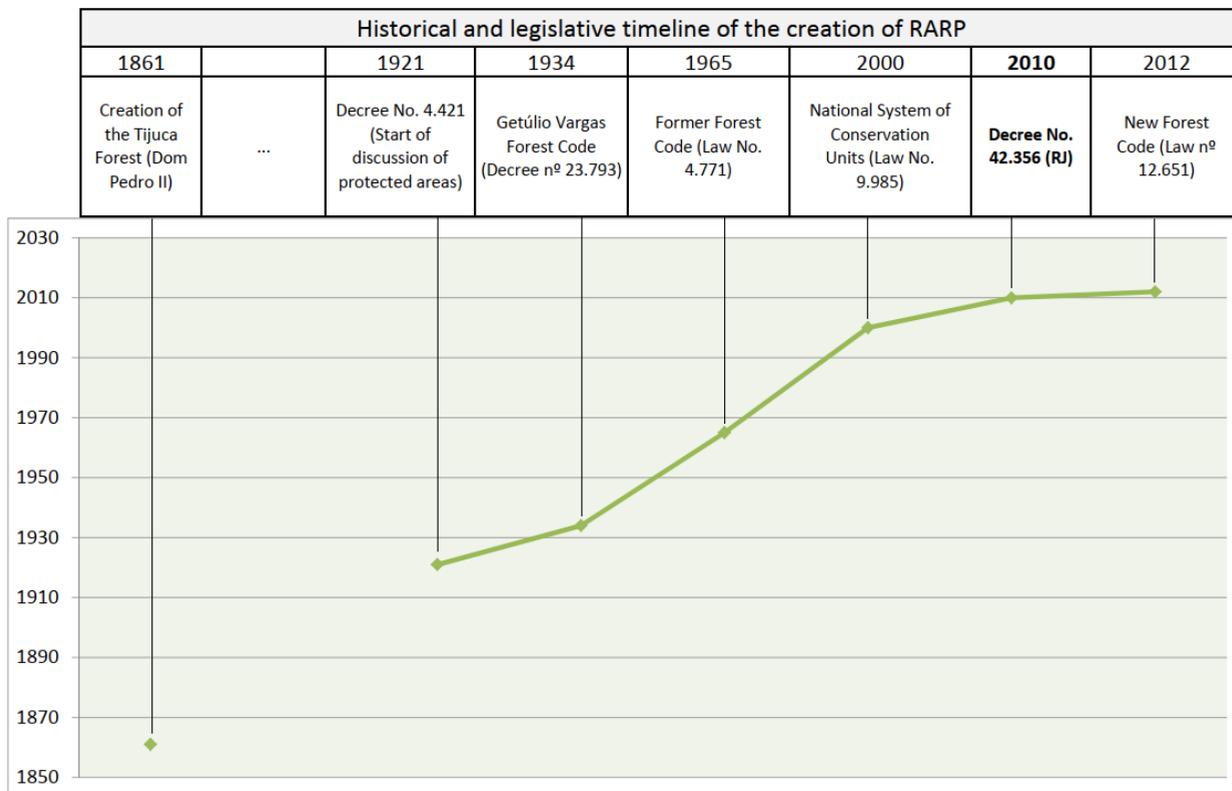


Figure 2. Historical and legislative timeline of the creation of Riparian Areas Protection Regulation (RAPR). Souce: own

Taking into account the main moments through which national legislation passed, a reflection begins on its consequences on the landscape, specifically in the municipality of Petrópolis-RJ, the space in which the study area of this dissertation lies.

According to the United Nations, the development of a region depends on the use of water resources for economic, agro-pastoral or urban development purposes based (or not) on a master plan (MEHTA, 2006). However, it is necessary for riverbank areas to remain

preserved, because RA are an essential mechanism for protecting riparian vegetation (KAGEYAMA, et. al. 2002).

In this sense, there is increasingly more pressure being imposed against natural areas and this trend has to do with numerous variables, one of which is population size. Parallel to the promulgation of Laws and Decrees, the municipality of Petrópolis had a stable and constant increase in population (1960-2022), reaching a total of around 306,678 thousand, being the ninth municipality with the largest number of inhabitants in the State, according to the census demographic data from the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE, 2022). As one of the effects of urban swelling caused by this population growth, it is common to observe urban growth and engineering interventions in close to water courses areas, often exactly on the marginal strip. Natural processes such as flooding, silting and erosion processes on river banks are directly associated with the condition in which the RA is found in a given river or body of water (REID, et. al 2019). In this context, the Piabanha River, and more specifically the 34km of its RA, represent the river system in which physical and landscape characteristics are traced in order to assess how the integrity of its permanent protected area behaves over time.

Correa and Silva (2017) highlights that regardless of the preservation conditions of the site demarcated for the permanent protection area, covered or not by native vegetation, this must be respected. Furthermore, they emphasize that “more important than adjusting the minimum limits for these RAs, is solving the noise related to the authorization to remove vegetation and the occupation of these areas, susceptible to flooding”.

The discussion regarding the importance of this type of protected area permeates not only national legislation, but also international legislation, in countries where English is the official language it is known as Riparian Areas Protection Regulation (RAPR). Its mentions in academic literature are constantly linked to the physical and chemical condition of water (water quality standards) as a resource for human consumption and economic purposes (industries, agriculture, fish farming, etc.).

From a practical point of view, the Water Protection Zones are currently demarcated in the State of Rio de Janeiro by the State Institute for the Environment (INEA), through administrative processes, which have as their legal basis the Forest Code 12.651/2012 and the State Decree 42.356/2010. The present study seeks to bring arguments that support a robust discussion in the search to identify landscape effects occurring in stretch 2 of Piabanha's river RA in face of changes in national environmental legislation.

## **State Decree 42,356/2010**

After the 1965 Forest Code, State Decree 42.356/2010 appears, which “Provides for the treatment and demarcation of RA in the processes of environmental licensing and issuance of environmental authorizations in the State of Rio de Janeiro and provides other measures” (INEA, 2016).

In the State of Rio de Janeiro, the State Environmental Institute (INEA) uses minimum size criteria established by State Decree No. 42.356/2010, which allows for smaller RA lengths in consolidated urban areas than those permitted by Federal Law No. 4.771/1965, in force at the time of enactment of the Decree, as well as RA lengths smaller than those permitted by current Federal Law.

According to Junior et al (2012), and as already announced by the legislation analyzed so far, riparian vegetation that grows along river banks has beneficial effects on water quality, flood mitigation, preservation of biodiversity, among others. Therefore, many factors that point to the need for riparian protection. Due to their importance, Brazilian legislation designated the banks of watercourses as Permanent Preservation Areas giving them a Forest designation. As a result, these areas are considered non-building areas and must be free from occupants.

The RA are also linked to the PPA by the capitulation and stretch III of the Constitution of the State of Rio de Janeiro. However, this equipment caused problems with RA in areas where natural features no longer existed. This is because, in 2007, the FEEMA/RJ Attorney's Office issued Opinion RD No. 04/2007, which dealt with PPAs that had lost their ecological function, while at the same time allowing, in exceptional cases, RAs to have a minimum limit of 10 or 15 meters as long as it meets the following requirements:

- Consolidated urban occupation;
- Failure to fulfill the functions described in art. 1st, II, of the Forest Code, already mentioned in the work.
- The recovery of the area as a whole is unfeasible without clearly excessive costs.

Decree n° 42.356/2010 (RIO DE JANEIRO, 2010) was revoked by Opinion RD n° 04/2007, which recognized that the minimum limits imposed by the Forest Code could be reduced through the licensing and issuance of environmental authorizations in the urban areas of the municipalities. As a result, on March 16, 2010, State Decree No. 42.356 came into force, which unifies the treatment of RAs and PPAs, prohibiting any exceptions to the limitations of the Forest Code in the State of Rio de Janeiro due to the following

characteristics: “anthropized area; long and consolidated urban occupation; lack of ecological function; and economic unfeasibility of recovery”.

According to Carvalho (2021), by State Decree No. 42.356/2010 (RIO DE JANEIRO, 2010), Rio de Janeiro is the only State in the country with the attribution for demarcation of FMPs and allows reduction of widths to 15 meters in urban areas consolidated, while according to the Forest Code they would have a greater width. De Moraes (2012), however, also warns that the reduction in widths was due to the simple attestation of the prerequisites by three INEA employees, making the demarcation of RAs subjectivistic and making it lacking in technical parameters that support the respective attestations.

Coelho Junior (2010) considers the possibility of ceasing the application of the Forest Code in some cases but came to the conclusion that only federal law could establish standards with this content. Now, despite all the controversy surrounding Decree nº 42.356/2010, it continues to serve as a legal basis for the demarcation of RAs in Rio de Janeiro and its limit can be seen through Figure 2.

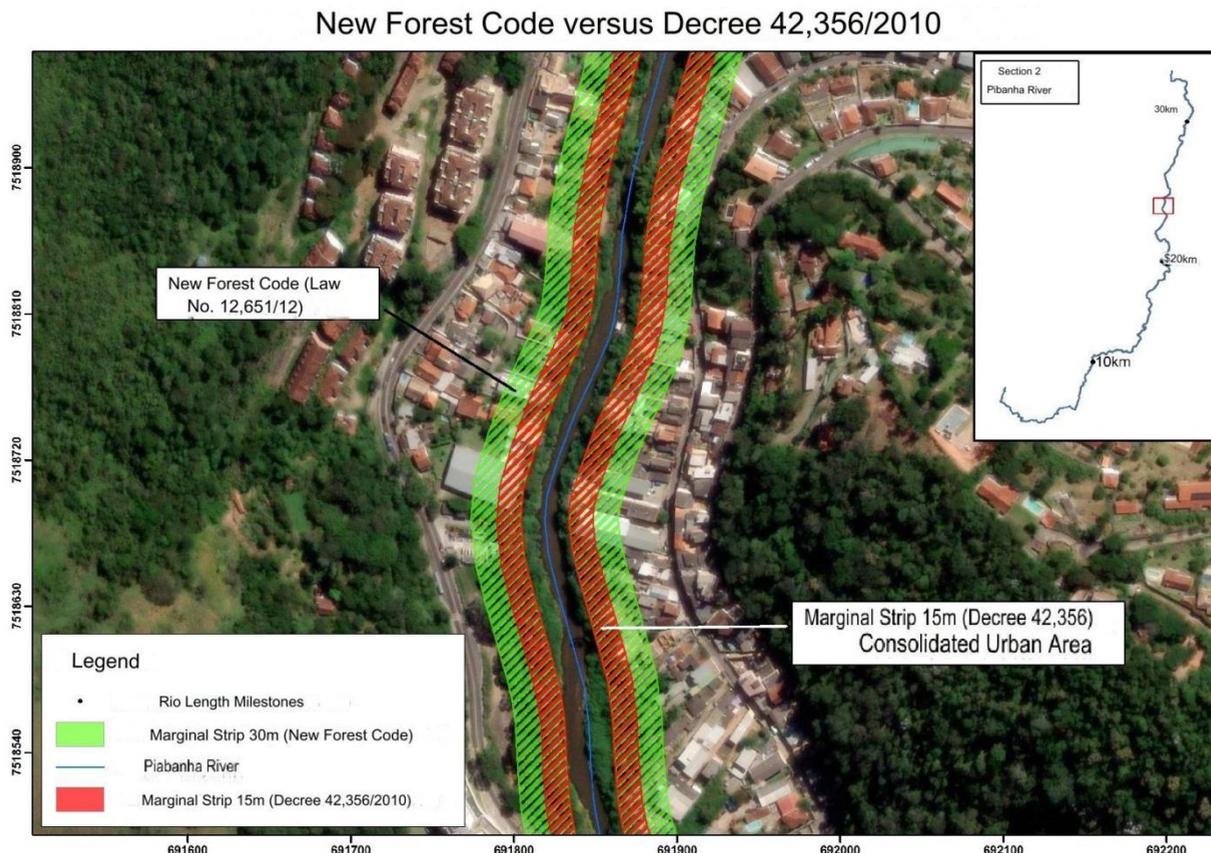


Figure 2. New Forest Code versus Decree 42.356/2010

Source: own

Note the difference in terms of total area that the Decree imposes on river segments defined as AUC, compared to the minimum 30 meters stipulated by the New Forest Code, which is the theme of the next sub-chapter of this dissertation.

### **3.2 Characterization of the Study Area – Stretch 2**

The Piabanha River is part of Hydrographic Region IV of the State of Rio de Janeiro, Central-North area of the state of Rio de Janeiro. Its source is in Serra dos Órgãos (22°28'58.07"S/43°12'34.67"W) and its mouth is in Três Rios on the Paraíba do Sul River (22°6'38.85"S/43°8'15.05"W). The perimeter of the river passes through 4 municipalities, respectively: Petrópolis, Areal, Paraíba do Sul and Três Rios. And it can be considered as one of the most extensive continuous RA demarcations in the State of Rio de Janeiro (JUNIOR, 2020).

According to INEA's descriptive memorial (INEA, 2016), the Piabanha River is divided into five stretches, considering the degree of occupation and anthropization observed on the banks and in its immediate surroundings. Stretches 1, 3 and 5 present characteristics of rarefied or moderate occupation. Stretches 2 and 4 are located in a consolidated urban area, subject to the application of State Decree No. 42.356, dated 03/16/2010.

### **Methodological procedures**

This dissertation is based within its thematic niche through past academic publications and productions. It also uses geoprocessing techniques as a means of understanding how the norms provided for by law relating to RAPR materialize in space. To this end, legal mappings of the Piabanha River basin are presented, especially its main watercourse, drawing parallels between and correspondence to the promulgation of State Decree 42.356/2010.

It is within this legal scope that the analysis is conducted in order to survey landscape standards over 15 years in stretch 2 of the Piabanha River. Thus, examples of comparative FMP maps are presented at different time intervals, detailing changes in the pattern of use and coverage that occurred in each interval.

The technical drawing of the Piabanha River Water Protection Zone prepared by the Basin Agency (AGEVAP) of the Piabanha Committee based on the descriptive memorial defined by the state environmental agency (INEA, 2016) was used as a basis for analysis. It is noteworthy that this delimitation was made in detail at a 1:3.000 scale and taking into account the LMEO (Line of Ordinary Floods) as a result of a sum of mappings in a GIS environment

and field work. In a complementary manner, records relating to the banks of the Piabanha River could be acquired through the Geology Institute's Susceptibility Charts (CPRM, 2017). The local drainage network was obtained from the reference cartographic base for the State of Rio de Janeiro, project RJ25K (IBGE, 2018), present at scale 1:25.000, these inputs served as input for the preparation of all thematic maps.

### Changes in Usage Pattern and Coverage

In total, 32,225.42 square meters changed class over the period of around 15 years in the study area. Of this total amount, 45.1% refers to changes from the 'Field/Exposed Soil' and 'Construction' classes to the 'Vegetation' class, that is, growth of riparian forest where there was previously smaller vegetation. In contrast, 34.07% of the change identified referred to the transition from the classes of 'Vegetation' and 'Field/Exposed Soil' to 'Construction', that is, occupation or industrialization of these stretches. Added to this, another 4,933 square meters of 'Vegetation' became 'Field/Exposed Soil', therefore reaching a total of 49.37% degradation of identified natural areas, Figure 3.

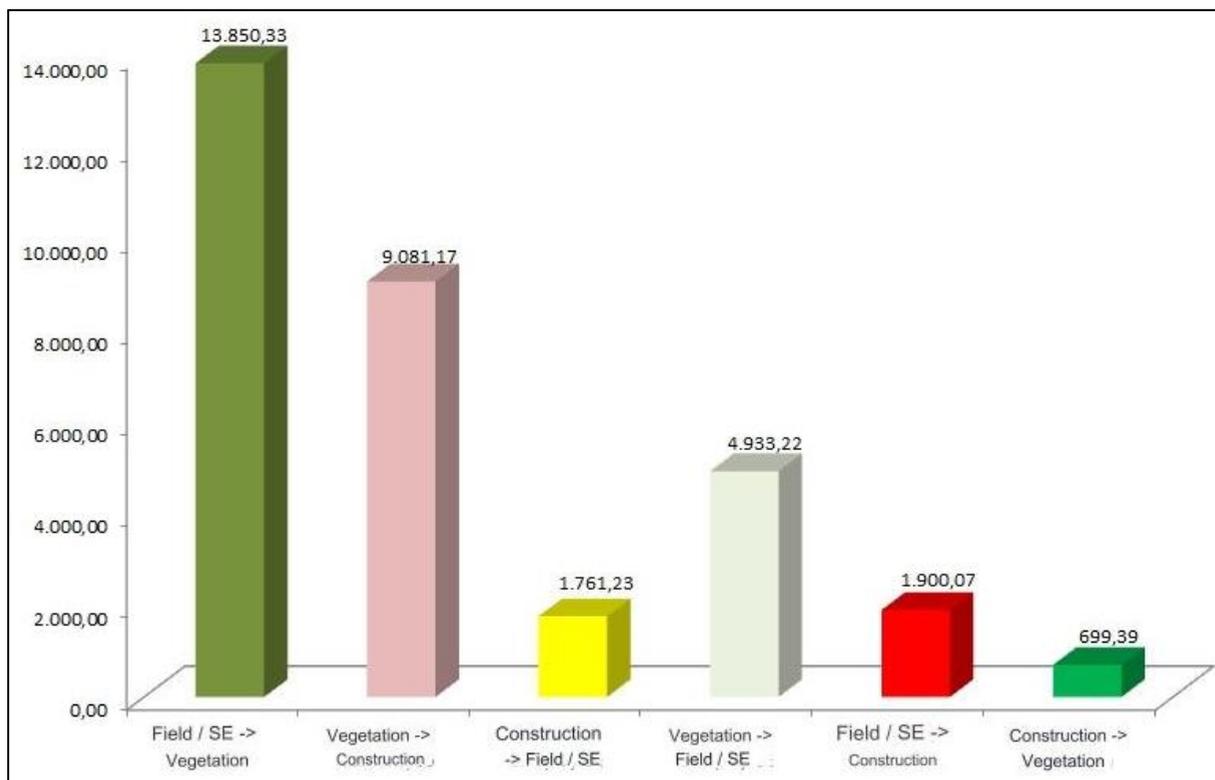


Figure 3. Changes in usage pattern and coverage (2006/2009 versus 2021) in squared meters (m<sup>2</sup>). Source: own

## Conclusion

It seems like the protection offered by the permanent protection areas (PPA boundary's specifically when it comes to the application of the RA is shallow in the study area of stretch 2 of the Piabanha River. Although construction and/or deforestation is prohibited by law, in the case of the banks of the Piabanha River, around 51% of the total RA area (103.4 hectares) was equivalent to the built class.

A cycle of actions was also identified, which is sometimes associated with degradation, sometimes associated with regeneration in different stretches along the length of the protected area. This dynamic, therefore, is counterproductive for vegetation from an ecological point of view (KAGEYAMA, et al 2002).

When it comes to the integrity of the riparian vegetation that should represent the RA, there is still room to reassess the effectiveness of this legal demarcation that goes beyond the situation of the natural area, and that collides with the dynamics of the river system. It was demonstrated that erosion and deposition processes gradually remodel the main path of a channel, therefore altering its Line of Ordinary Floods (LMEO). This consideration raises the question of a possible revision of the RA at intervals close to a decade, but not in its entirety, only where geomorphological processes are observed more intensely. Ideally, this type of survey should be carried out by actors from civil defense and competent environmental agencies in order to assess whether there are residences that are at risk of collapse due to this evolution of the river channel.

Regarding the legal aspects of the State of Rio de Janeiro's Decree 42,356/2010 (Rio de Janeiro, 2010), the reduction of protected areas due to their presence in consolidated urban areas can be seen as a certain legal setback. In the case of the Piabanha River, its RA went from 30m wide to 15m. As shown by the results presented, in addition to this decrease, a decrease in vegetation maintenance was observed in several of these areas surveyed. Therefore, it is necessary to reinforce inspection actions and actions against infractions in PPA. From a practical point of view, this work starts from the consideration that this legal term is a setback in the scope of public policies, and it is suggested that government entities reconsider such measures, as it is precisely the rivers present in consolidated urban areas that are most in need of protection. (CORREÂ and SILVA, 2017)

As for the New Forest Code, the methodological change in parameters for demarcating the RA's limit compared to the old Forest Code also represents a decrease in protected area, since the change to the LMEO (Line of Ordinary Floods) causes the beginning of the RA is an average projection on the river plain. The former Forest Code (BRASIL, 1965) predicted

the highest level of flooding, and therefore, from a purely ecological and geographical point of view, it is the most beneficial for the natural space.

Despite land use planning and zoning, the implementation of strict regulations is crucial to protecting RAs. The government can establish buffer zones along bodies of water where housing development is restricted or subject to specific guidelines. These regulations can help prevent invasion and limit negative impacts on riparian forests.

In short, there is a mix of responsibilities at work. Such responsibilities should not only concern the public authorities, but also the inhabitants of this region of Petrópolis. Therefore, in order to list possible ways to resolve open issues, the following aspects were raised: Establish and enforce regulations that protect RA and restrict harmful activities. Promote territorial planning that considers the conservation and recovery of permanent protection areas. Implement river basin management practices to reduce pollution and sedimentation in water bodies (REZENDE, 2013). Carrying out monitoring and research to assess the health of the riparian forest and identify conservation priorities through the competent bodies. Encourage public awareness and community involvement in conservation efforts at the RA and the river itself. Recovery of degraded riparian forests through reforestation and planting of native vegetation (REZENDE, 2010).

It is important to evaluate the specific conditions of each river and consider natural characteristics, hydrological regime and land use patterns when selecting erosion and sediment control measures. A holistic and integrated approach that combines several techniques and involves stakeholder collaboration is often necessary for effective control of erosion and sediment in rivers and maintenance of RA (CORRÊA, et al 2017).

It is worth noting that this study focused on an Urban Consolidated Area and therefore does not account for stretches that are not classified in this way and have a larger RA size. The reflection which this dissertation proposes to create is part of the great complexity of a natural river basin/system and comes up against the also complex urban dynamics/evolution, which is historical and social.

In short, it can be concluded that the Piabanha River is a notorious watercourse in the State of Rio de Janeiro, it serves as a vital source of water and it is home to complex ecosystems. Efforts to preserve and build sustainable management are essential for the well-being and conservation of the region's natural resources.

**Keywords:** Riparian Areas; RARP; Rivers; Vegetation; Geoprocessing.

## Sumário

1. Introdução	23
1.2 Objetivos	27
1.3 Organização da Dissertação	27
2. Fundamentação Teórica	29
2.1 Faixas Marginais de Proteção	29
2.1.1 Código Florestal de 1934.	32
2.1.2 Código Florestal de 1965	33
2.1.3 O Decreto Estadual 42.356/2010	34
2.1.4 Novo Código Florestal de 2012	37
2.2 Os Rios e a Cidade	39
2.2.1 Área urbana consolidada	42
2.2.2 Meios Físicos, Socioeconômicos e Bióticos	43
3. Caracterização Geográfica da Área de Estudo	55
3.1 A Bacia Hidrográfica do rio Piabanha	55
3.2 Descrição do trecho 2 do rio Piabanha	57
4. Procedimentos Metodológicos	62
5. Resultados e Discussões	69
5.2 Infraestrutura e dinâmica anual de chuva em Petrópolis	72
5.1 Mudanças de Padrão de Uso e Cobertura	78
6. Conclusões	93
7. Referência Bibliográficas	96

## **Lista de Figuras**

**Figura 1.** Linha do tempo histórica e legislativa de criação das FMPs

**Figura 2.** Faixas Marginais de Proteção.

**Figura 3.** Tamanho das Faixas Marginais de Proteção.

**Figura 4.** Mapa de comparação entre Novo Código Florestal e o limite do Decreto 42.356.

**Figura 5:** Demarcação das Faixas Marginais de Proteção.

**Figura 6:** Mancha de inundação para o Cenário 1 – Atual, para tempo de retorno de 25 anos.

**Figura 7:** Processo de enchente e inundação e situação normal.

**Figura 8:** Áreas com Alta suscetibilidade a Inundação no ERJ.

**Figura 9:** Impactos da urbanização.

**Figura 10:** Alterações nas parcelas do ciclo hidrológico em diferentes fases da urbanização

**Figura 11:** Impactos da urbanização da bacia hidrográfica no ciclo da água.

**Figura 12:** (Esquerda) APP e reserva legal somadas. (Direita) Área de APP, tornando desnecessária a criação da reserva legal

**Figura 13.** (Esquerda) Relação das propriedades x APPs. (Direita) Relação das propriedades x Áreas vegetadas.

**Figura 14.** Propriedades com distribuição das áreas vegetadas dentro dos limites de APP

**Figura 15.** Mapa de Divisões Hidrográfica Nacional.

**Figura 16:** Regiões Hidrográficas do ERJ.

**Figura 17.** Mapa de Divisões do Rio Piabanha.

**Figura 18.** Mapa de Localização do Rio Piabanha.

**Figura 19.** Suscetibilidade a Inundação, trecho 2, Rio Piabanha

**Figura 20.** Perfil Longitudinal do Rio Piabanha – Altimetria versus comprimento do trecho 2..

**Figura 21.** Climograma de Petrópolis com a distribuição das chuvas ao longo dos meses do ano.

**Figura 22:** Fluxograma dos Procedimentos Metodológicos utilizados.

**Figura 23.** Identificação da fonte do sensor das imagens de alta resolução.

**Figura 24.** Vetorização dos polígonos na interface do software ArcGIS.

**Figura 25.** Padrão de Uso e Cobertura ao longo do Rio Piabanha – Trecho 2 – 2006/2009

**Figura 26.** Padrão de Uso e Cobertura ao longo do Rio Piabanha – Trecho 2 – 2015

**Figura 27.** Padrão de Uso e Cobertura ao longo do Rio Piabanha – Trecho 2 – 2021

**Figura 28.** Registros de uma chuva no dia 16/02/2022, margens do Rio Piabanha – Petrópolis

**Figura 29.** Mapa de arruamentos nas FMPs do Trecho 2 do Rio Piabanha.

**Figura 30.** Imagens de satélite antes e depois da enchente de Fevereiro de 2022.

**Figura 31.** Comparação de um recorte do Rio Piabanha em um intervalo de menos de 10 anos

**Figura 32.** Construções irregulares às margens do Rio Piabanha – próximo ao final do Trecho 2

**Figura 33.** Gráfico de barras da dispersão de valores em área (metros quadrados – m<sup>2</sup>) – comparativo 2006/2009 e 2021.

**Figura 34.** Mudança de classes entre Ponto INICIAL e Ponto FINAL – ‘Construção’ para ‘Vegetação’.

**Figuras 35.** Mudança de classes entre Ponto INICIAL e Ponto FINAL – ‘Campo/SE’ para ‘Construção’.

**Figura 36.** Mudança de classes entre Ponto INICIAL e Ponto FINAL – ‘Vegetação’ para ‘Construção’.

**Figura 37.** Mudança de classes entre Ponto INICIAL e Ponto FINAL – ‘Vegetação’ para ‘Campo/SE’.

**Figura 38.** Mudança de classes entre Ponto INICIAL e Ponto FINAL – ‘Campo/SE’ para ‘Vegetação’

**Figura 39.** Mudança de classes entre Ponto INICIAL e Ponto FINAL – ‘Construção’ pra ‘Campo/SE’.

**Figura 40.** Gráfico das alterações identificadas na área de estudo (em % percentual) – comparativo 2006/2009 e 2021.

**Figura 41.** Construções às margens do Rio Piabanha com visíveis marcas de erosão em razão da drenagem e das chuvas sazonais

**Figura 42.** Mapa do trecho 2 do Rio Piabanha com os 8 pontos de interesse exemplificados ao longo da drenagem

**Figura 43.** Destroços de uma ponte e lixo domiciliar despejado diretamente na drenagem do Rio

**Figura 44:** Marcas do padrão de uso e cobertura Campo/Solo Exposto com influência da passagem de automóveis.

**Figura 45:** Trecho onde as margens do canal do Rio Piabanha foram retificadas. (Elaboração: o Autor)

**Figura 46:** Segmentos com canteiro de vegetação planejado, árvores espaçadas em distâncias fixas em padrão não natural

**Figura 47:** Final do trecho 2 onde há construções praticamente Ribeirinhas do lado direito da margem, e do esquerdo vegetação

## **Lista de Quadros**

**Quadro 1:** Decreto 42.356/2010 FMP para rios em zonas urbanizadas.

**Quadro 2:** Evolução do Código Florestal, Leis 4.771/65 e 12.651/12

**Quadro 3:** Área ocupada pela mancha de inundação para cada cenário de acordo com o tempo de retorno.

**Quadro 4:** Processo de enchente, inundação e situação normal.

**Quadro 5:** Valores do coeficiente de escoamento baseados nas características detalhadas das diversas superfícies presentes na bacia.

**Quadro 6:** Impactos da urbanização da bacia hidrográfica no ciclo da água.

**Quadro 7:** Escalas dos principais insumos de origem secundária

**Quadro 8:** Relação das datas das imagens de satélite utilizadas.

**Quadro 9:** Classes de Uso e Cobertura adotadas e suas definições para fotointerpretação.

## **Lista de Abreviaturas e Símbolos**

APA - Área de Preservação Ambiental

AUC - Área Urbana Consolidada

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

ERJ – Estado do Rio de Janeiro

FMP – Faixa Marginal de Proteção

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LMEO – Linha Média das Enchentes Marginais

PPA – Permanent Preservation Areas

RA – Riparian Areas

RAPR - Riparian Areas Protection Regulation

RJ – Rio de Janeiro

SE – Solo Exposto

SIG – Sistema de Informações Geográficas

SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação

## 1. Introdução

Situado no Estado do Rio de Janeiro (ERJ) o Trecho 2 do rio Piabanha atravessa 11 bairros do município de Petrópolis, respectivamente: Quarteirão Ingelheim, Vila Militar, Quarteirão Brasileiro, Cascatinha, Cantagalo, Roseiral, Glória, Nogueira, Bonsucesso, Itaipava e Pedro do Rio (IBGE, 2018).

Segundo a Organização das Nações Unidas o desenvolvimento de uma região depende da utilização dos recursos hídricos, para fins econômicos, agropastoris ou para desenvolvimento urbano com base, ou não, em um plano diretor (MEHTA, 2006). No quesito de Áreas de Proteção Permanente (APP/APPs), com exceção da APP de Nascente a APP de Faixa Marginal é a única que está prevista nas imediações de todo corpo hídrico em território nacional e por consequência é a unidade legal com maior potencial de manutenção e conservação dos rios, por uma questão geográfica dada a proximidade e intuito da delimitação (INEA, 2010).

Segundo Kageyama *et al.* 2002, é impreterível para o ciclo hídrico e balanço de sedimentos de um rio que as áreas das margens permaneçam preservadas, nesse contexto as Faixas Marginais de Proteção (FMPs) se apresentam como um mecanismo que almeja a proteção e desenvolvimento da vegetação ciliar, os mesmos autores reiteram como a vegetação ciliar em bom estado de conservação promove principalmente: fonte de matéria orgânica para dentro do canal, redução da quantidade de sedimentos que chega ao leito (retarda o processo de assoreamento), oferece proteção da influência antrópica direta (barreira física), e mitiga a intensidade dos fenômenos naturais de inundação.

De maneira prática as Faixas Marginais de Proteção hoje são demarcadas no Estado do Rio de Janeiro pelo Instituto Estadual do Meio Ambiente (INEA), por meio de processos administrativos, que possuem como embasamento jurídico o Código Florestal 12.651/2012 e o Decreto Estadual 42.356/2010 (RIO DE JANEIRO, 2010; BRASIL, 2012). Para compreender o cenário atual da Lei ambiental, é imprescindível manter em mente os pontos chave de evolução dessa legislação, que começam durante o período de monarquia portuguesa no Brasil.

Discussões envolvendo áreas vegetadas próximas a cursos d'água deram início durante o regime do imperador Dom Pedro II na Floresta da Tijuca no Rio de Janeiro, criada em 1861, com o intuito de reverter o desmatamento florestal resultante das plantações, em sua maioria de café, no Maciço da Tijuca (CARVALHO, 2007). Este fato histórico corrobora que mesmo antes da criação de legislação específica voltada para Faixas Marginais de

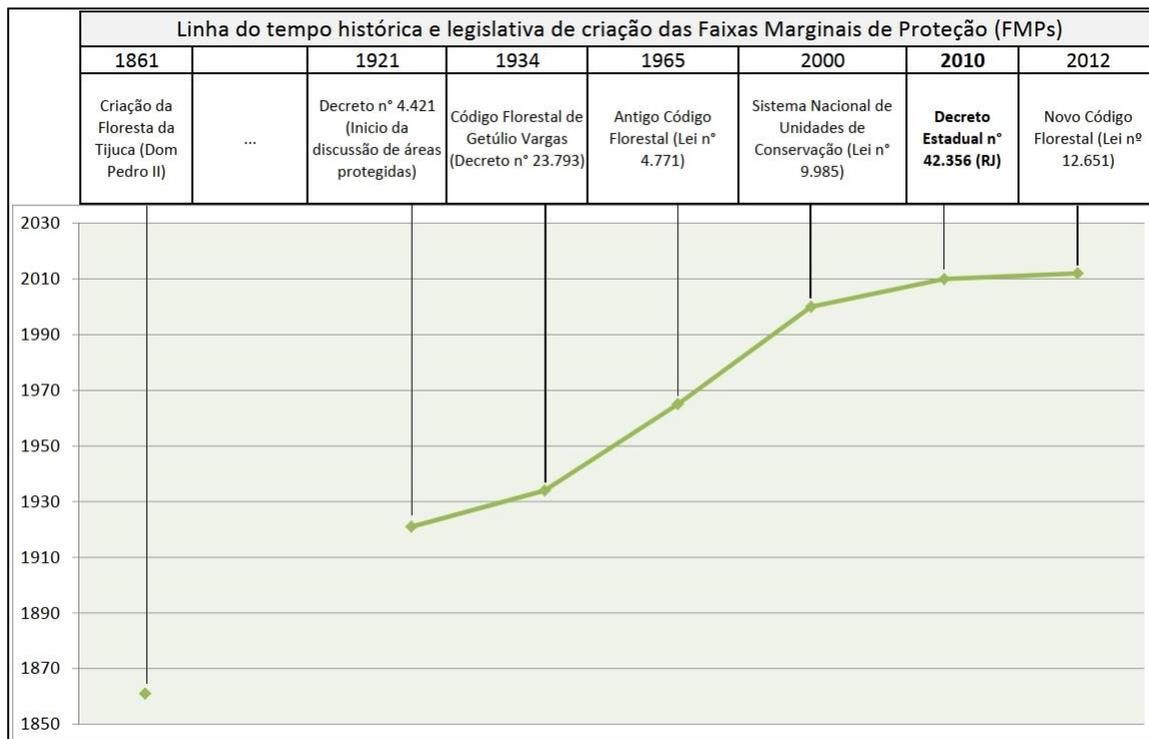
Proteção, já havia um entendimento pelos gestores brasileiros e portugueses, acerca da relação da vegetação ciliar na manutenção dos recursos hídricos, especialmente na sua origem - as nascentes ou olhos d'água.

Depois da virada de século, outro fato legislativo correlacionado é promulgado, o Decreto de nº 4.421 de 28 de dezembro de 1921 (BRASIL, 1921), que não menciona especificamente as Faixas Marginais de Proteção (FMPs), mas redige sobre as áreas protegidas em geral, como garantia de equilíbrio, pureza e abundância dos recursos hídricos. Em sequência, em 1934, o próximo marco histórico no qual o governo brasileiro presidido pelo Presidente Getúlio Vargas elabora o primeiro Código Florestal (IPEA, 2016). O objetivo principal deste documento se resumia ao gerenciamento, restrição e punição das intervenções sobre os corpos hídricos, e em 1965 este código foi editado de maneira minuciosa através da Lei 4.771/65 (BRASIL, 1965), que definiu o entorno dos rios e suas nascentes como áreas de preservação permanente (APPs).

Já no ano de 2000 em Junho, o SNUC (Sistema Nacional de Unidades de Conservação) é criado através da Lei nº 9.985, onde é discorrido um complemento aos objetivos ligados à preservação dos cursos hídricos, e nesse momento a legislação passa a estabelecer de maneira mais clara direitos e deveres a serem seguidos pelos municípios e estados e, junto a isso, ferramentas de proteção, diretrizes de uso de diversos ecossistemas, regras para o controle de atividades e critérios para determinação de diferentes categorias de Unidades de Conservação (BRASIL, 2000; ICMBIO, 2021).

Mais adiante, no Estado do Rio de Janeiro, a legislação ambiental obteve mais um destaque em sua linha temporal, desta vez no ano de 2010, onde foi promulgado o Decreto Estadual 42.356 (RIO DE JANEIRO, 2010), definiu-se parâmetros da FMP para as áreas limítrofes de rios, lagos e lagoas em função da existência de área urbana consolidada. Sendo este decreto visto com holofote e atenção por esta dissertação.

Finalmente, em 2012, foi instituído o novo Código Florestal Brasileiro, Lei nº 12.651 de 25 de maio, que incorporou mudanças no que diz respeito à proteção da FMP atrelada diretamente a corpos d'água e à outras feições importantes que compõem a paisagem natural, ligadas ao ciclo hidrológico (BRASIL, 2012). Além de redefinir parâmetros para a delimitação das FMPs, na Figura 1 pode-se observar uma linha temporal das mudanças históricas mencionadas até o momento.



**Figura 1.** Linha do tempo histórica e legislativa de criação das Faixas Marginais de Proteção (FMPs).

Tendo em vista os principais momentos pelos quais a legislação nacional foi consolidada, se inicia a reflexão quanto às consequências na paisagem promovidas por essas mudanças históricas além da influência antrópica na área de estudo no município de Petrópolis-RJ em específico o trecho 2 do rio Piabanha.

Nesse sentido, há cada vez mais pressão sendo imposta contra áreas naturais e essa tendência tem a ver com inúmeras variáveis, sendo uma delas o montante populacional. Paralelamente à promulgação de Leis e Decretos, o município de Petrópolis teve um acréscimo estável e constante de população (1960-2022), chegando a um total de cerca 306,678 mil, sendo o nono município com maior quantidade de habitantes no Estado, segundo o censo demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022). Como um dos efeitos do inchaço urbano provocado por este crescimento da população, é comum observar crescimento urbano e intervenções de engenharia em áreas próximas aos cursos d'água, muitas vezes exatamente na Faixa Marginal de Proteção. Processos naturais como inundações, assoreamentos e processos erosivos nas margens dos rios estão diretamente associados à condição na qual a FMP se encontra em determinado rio ou corpo d'água (REID, et. al 2019). Nesse contexto o Rio Piabanha, e mais especificamente os 34km de sua FMP, representam o sistema fluvial no qual são traçadas características físicas e paisagísticas a fim de levantar de que maneira a integridade de sua área protegida permanente se comporta ao longo do tempo.

Concomitantemente, apesar de sua relevância, as FMPs apresentam um grande desafio do ponto de vista de sua administração já que um mesmo rio é capaz de atravessar grandes extensões e diversos limites municipais e estaduais, tornando uma ação integrada de toda área preservada um processo complexo. Isto por que em termos políticos envolve atores de todas as partes envolvidas, um exemplo é o Rio Piabanha, objeto de estudo dessa pesquisa, seu comprimento total até a foz compreende 5 municípios diferentes no ERJ. E ele, apesar de um importante afluente não é um dos maiores encontrados no Estado.

Correa e Silva (2017) destacam que independente das condições de preservação do local demarcado para a APP, coberta ou não por vegetação nativa, esta deve ser respeitada. Além disso, enfatizam que “mais importante que ajustar os limites mínimos para estas FMPs, é solucionar os ruídos relacionados à autorização à supressão de vegetação e a ocupação destas áreas, suscetíveis a inundações”.

Em outras palavras, diante da existência de diversos tipos de modalidades de Unidades de Conservação definidas pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), as FMPs representam mais uma unidade que possui particularidades próprias, e que requerem fiscalização e cuidados assim como as demais (BRASIL, 2000). Especialmente tendo em vista que o reforço do limite da FMP em conjunto a preservação de sua cobertura vegetal é capaz de proteger e garantir maior qualidade dos recursos hídricos, pilar de qualquer espaço urbano (MEHTA, 2006).

Torna-se particularmente relevante o estudo e a observação dessa modalidade de área protegida a fim de levantar, em especial em uma Área Urbana Consolidada, como se dá a integridade da FMP bem como trazer propostas que tenham premissa a valorização das FMPs do ponto de vista governamental.

## 1.2 Objetivos

Objetivo Geral:

Identificar e avaliar as alterações paisagísticas na Faixa Marginal de Proteção do Trecho 2 do Rio Piabanha/RJ estabelecida pelo Decreto Estadual 42.356/2010 de modo a quantificar a integridade da FMP no decorrer do tempo.

Objetivos Específicos:

- Levantamento de acervo e referencial teórico quanto à legislação ambiental nacional/estadual acerca das FMPs
- Estabelecer cenários comparativos vinculados aos Usos e Coberturas do solo, em três intervalos de tempo (2006/2009, 2015 e 2021), da FMP de 15m de largura de acordo com o Decreto (RIO DE JANEIRO, 2010)
- Avaliar os impactos associados à ocupação, ou não, da Faixa Marginal de Proteção enquanto Área de Proteção Ambiental.

## 1.3 Organização da Dissertação

Esta pesquisa está organizada em seis capítulos. Primeiramente são apresentadas as Leis promulgadas que compõem a legislação ambiental brasileira desde a implementação do primeiro Código Florestal com foco na proteção das margens dos rios. Nesta etapa inicial, além de abordadas as Leis e Decretos, são tratadas suas respectivas alterações de parâmetros de aplicação.

Em um segundo capítulo, inicia-se a discussão sobre a importância da proteção das margens dos rios, relacionando a estrutura dos sistemas componentes do ciclo hidrológico aos impactos gerados pela presença antrópica, à fragilidade ambiental e à importância ecológica das APPs ao longo dos rios. Em seguida, no capítulo 3 é apresentada em detalhes a área de estudo juntamente com seu contexto regional para situar a unidade espacial escolhida para realizar a análise aqui proposta.

Após a apresentação legal do problema, embasamento teórico e da área de estudo, o Capítulo 4 apresenta a metodologia utilizada, discute os conceitos relacionados às técnicas de

geoprocessamento, que proporcionam um conjunto de ferramentas para mensurar as mudanças espaço-temporais carreadas ao longo da área de estudo. Os procedimentos metodológicos do trabalho se colocam como um conjunto de técnicas e parâmetros comparáveis com outros estudos realizados em áreas próximas, como o de Junior (2020) para o rio Piabanha. Portanto a presente pesquisa além de corroborar com a gama de estudos acadêmicos da região também complementa a literatura dentro de seu eixo temático de estudos ambientais, tomando como foco uma área que se encontra urbanizada (trecho 2).

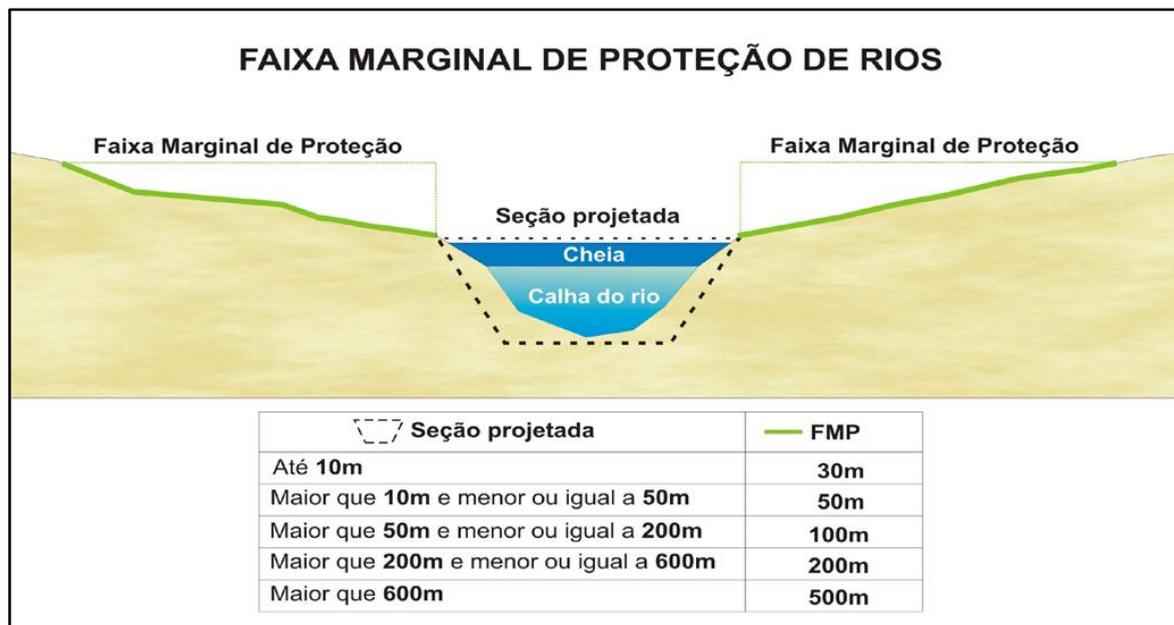
Por fim, os capítulos 5 e 6 reúnem todas as contribuições feitas pelo trabalho, mapas e análises estatísticas realizadas juntamente com as principais conclusões alcançadas pela narrativa crítico científica.

## 2. Fundamentação Teórica

### 2.1 Faixas Marginais de Proteção

De acordo com o INEA (2010, p.9) a “Faixa Marginal de Proteção (FMP) de rios, lagos, lagoas e reservatórios d’água são faixas de terra necessárias à proteção, à defesa, à conservação e à operação de sistemas fluviais e lacustres”. Por sua importância como preservadores da biodiversidade e por ajudarem a manter a qualidade e a quantidade de água disponível na rede de mangues e corpos d’água, as FMP de corpos hídricos e nascentes são legalmente protegidas pelo Código Florestal Brasileiro. A FMP é um tipo particular de Área de Preservação Permanente (APP), conforme definido nos termos do artigo 268, Inclusão III, da Constituição do Estado do Rio de Janeiro (CÔRREA *et al.*, 2010)

As dimensões da FMP são demonstradas pelo órgão INEA (Instituto Estadual do Ambiente), Figura 2, onde é previsto a área total da área protegida em função do tamanho do rio em questão (INEA, 2010). A imagem refere-se à uma seção simplificada de um curso hídrico e permite a visualização da projeção de uma FMP conforme a variação de sua seção trapezoidal invertida de forma sucessiva de acordo com o trecho de menor largura. As medições variam de um intervalo de “até” 10m, correspondente à uma FMP de 30 metros, à valores superiores à 600 metros, equivalente à uma FMP de 500 metros.

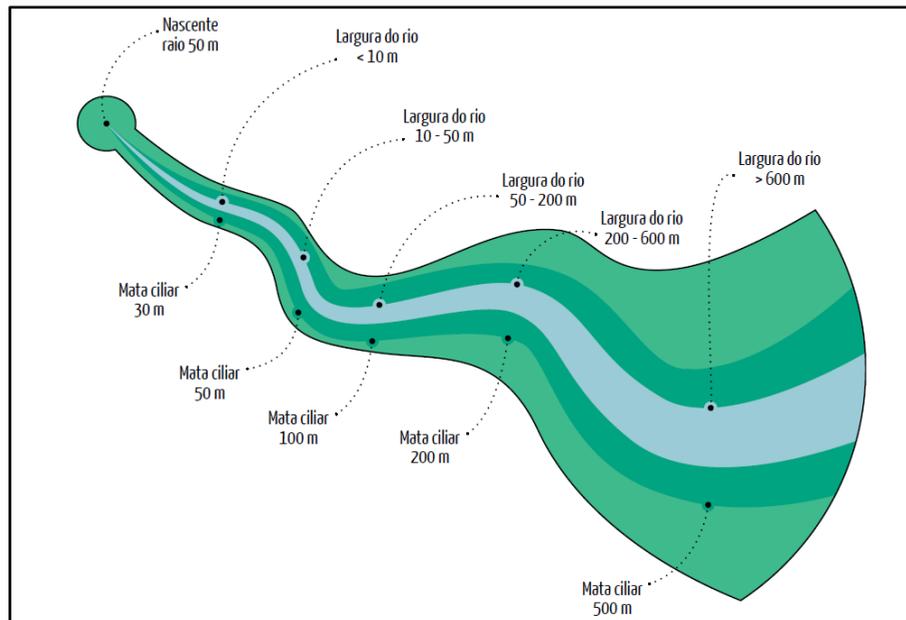


**Figura 2.** Faixas Marginais de Proteção.

Fonte: INEA (2010, p. 15)

A Figura 3 complementa a Figura 2, onde um trecho de um curso hídrico modelado é

utilizado para representar o tamanho da FMP conforme sua seção varia desde a nascente até a foz a jusante, trecho no qual a FMP atinge sua largura máxima (INEA, 2016). Essa modelagem serve para dimensionar proporcionalmente a área protegida de corpos d'água de diferentes tamanhos, porém é válido ressaltar que essa delimitação muitas vezes é respeitada parcialmente. Portanto, assim como em outros casos dentro da sociedade, uma coisa é o que está previsto por Lei e outra coisa é como esse espaço físico está sendo ocupado na prática.



**Figura 3.** Tamanho das Faixas Marginais de Proteção.  
Fonte: INEA (2022)

Agora quando se trata do território do ERJ, está em vigor o Decreto Estadual nº 42.356 (RIO DE JANEIRO, 2010) que estabelece, caso existam evidências que suportem a delimitação de uma Área Urbana Consolidada (AUC), a utilização de tamanhos diferentes para a FMP. Esta normativa estipula uma redução total da área e se baseia em vazões ( $m^3$ ) para determinar a área protegida, por exemplo, em vazões superiores a  $6m^3/s$  as larguras das faixas são de 5 metros e, para vazões inferiores a esta, a distância limite da FMP cai para 1,5 metros. Esta mudança chama atenção, pois diante do Código Florestal (tanto o Antigo quanto o Novo), qualquer que seja a natureza da ocupação do trecho de um rio, a FMP mínima a ser demarcada possui largura mínima de 30 metros enquanto a largura de FMP máxima prevista pelo Decreto é de 15 metros (caso legal que se insere o trecho 2 do Rio Piabanha).

A promulgação deste Decreto foi feita no entendimento que as ditas Áreas Urbanas Consolidadas, muito em função de seu caráter urbanizado contendo diversas infraestruturas, já vinham tendo suas FMPs historicamente ocupadas e, portanto, se justificaria estipular áreas de proteção menores. Essa premissa se sustenta mais por motivos relacionados à

dinâmica da cidade do que a manutenção do corpo hídrico presente em suas imediações.

Vale ressaltar que existem ainda outras modalidades de áreas de proteção vigentes indiretamente relacionadas aos rios, a exemplo de: APPs de Topo de Morro e APPs de Declividade, estas estão associadas à estabilidade física e biodiversidade de encostas e não podem ser menosprezadas em termos de sua relevância para a manutenção dos sistemas fluviais (NETTO, 2012). Sua preservação garante que uma quantidade potencialmente menor de sedimentos atinja os corpos hídricos, portanto, mitigam o assoreamento (acúmulo de sedimentos no leito) bem como a frequência e magnitude das inundações.

Corroborando com essa linha de raciocínio, Correia e Silva (2017) enfatizam a importância da cobertura vegetal ao afirmar que ela tem um papel significativo tanto nos escoamentos superficiais quanto nos de base (sub-superficiais), que são causadas pela percolação da água no solo, onde ela se move lentamente e alimenta rios e lagos e aquíferos.

A Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMADS) do ERJ traz diversos argumentos que sustentam ainda mais a relevância das FMPs no seu papel de proteger a vegetação nativa na planície fluvial de um rio. Dentre a extensa narrativa apresentada os principais aspectos que chamam a atenção sobre o assunto são: 1) A capacidade da mata ciliar de gerar habitats e refúgio para espécies de fauna e flora da Mata Atlântica 2) A retroalimentação do ecossistema aquático através de um *input* constante de matéria orgânica (troncos, serapilheira e arbustos caídos) na drenagem, e 3) A redução de impacto de fontes de poluição em áreas a montante, através de mecanismos de filtragem e retenção de sedimentos (KAGEYAMA et al 2002).

### 2.1.1 Código Florestal de 1934 (o Decreto nº 23.793, de 23 de Janeiro).

IEPA (2016), afirma que o primeiro Código Florestal nacional surgiu com o Decreto no 23.793, de 23 de janeiro de 1934, e se aplicava “às florestas como às demais formas de vegetação reconhecidas de utilidade às terras que revestem” (Artigo 2º). O autor afirma ainda que esse código classificava as florestas em quatro tipos, de acordo com a Constituição (BRASIL, 1934):

1. as “protetoras”, que, por sua localização, servissem, conjunta ou separadamente, para qualquer dos fins seguintes: a) conservar o regime das águas; b) evitar a erosão das terras pela ação dos agentes naturais; c) fixar dunas; d) auxiliar a defesa das fronteiras, de modo julgado necessário pelas autoridades militares; e) assegurar condições de salubridade pública; f) proteger sítios que por sua “beleza natural mereçam ser conservados”; e g) asilar espécimes raros da fauna indígena; 2. as “remanescentes”, que são aquelas que formam parques ou assemelhados; 3. as “modelos”, que são “as artificiais constituídas apenas por uma, ou por limitado número de essências florestais, indígenas ou exóticas, cuja disseminação convenha fazer-se na região”; 4. todas as demais florestas eram consideradas de “rendimento” (DF 23.793/34).

Antunes (2015), por sua vez, afirma que desde a aprovação da proposta do Código Florestal Brasileiro pelo Congresso Nacional em 1906 até a sua promulgação definitiva em 1934, foram quase dezoito anos de intensa discussão, principalmente científica. Apesar de períodos de estagnação em questões relacionadas à própria aprovação da legislação no Executivo, a discussão política e científica da questão Florestal persistiu.

O início das atividades de desenvolvimento florestal ocorreu também em 1933, graças à criação do Selo de Reflorestamento e do Serviço de Desenvolvimento Florestal e Produção Vegetal pelo Ministério da Agricultura. Com o aumento da atividade legislativa, a Comissão de Legislação foi incumbida de confirmar o mandato da 20ª Subcomissão Legislativa para elaborar o Código Florestal Brasileiro, que foi o primeiro a ser concluído. (ANTUNES, 2015)

Antunes (2015) afirma que o Jornal do Brasil acompanhou e noticiou todas as etapas do desenvolvimento do Código Florestal, atualizando constantemente os leitores sobre reuniões, pautas e mudanças de projetos. Antes mesmo da 20ª Subcomissão Legislativa ter sido criada para redigir a versão preliminar do Código Florestal, um artigo criticando a destruição dos recursos florestais do Brasil ocasionada pela construção de estradas de ferro, apareceu no Jornal do Brasil em 21 de abril de 1931, na seção ‘Ecos e notícias’. O decreto

que o Governo Provisório havia expedido no dia anterior, permitindo que a empresa Central do Brasil fizesse algumas modificações para abrir novas estradas, foi criticado.

Em 1933, Augusto de Lima elaborou um ensaio intitulado ‘Influência da Flora sobre a Evolução Humana’ que foi publicado pelo serviço de propaganda da Sociedade dos Amigos das Árvores. Inclusive, a urgência com que a proposta deveria ser transformada em lei é algo que ele não poderia, em hipótese alguma, recusar. No tesouro florestal brasileiro, perdas irreparáveis ocorriam todos os anos. (ANTUNES, 2015).

De acordo com Antunes (2015), Lima queria que a referida proposta legislativa fosse traduzida para a realidade administrativa o mais rápido possível, pois estabeleceria normas e disposições para a restauração de espécies extintas, além de fornecer barreiras contra a destruição de matas.

IEPA (2016) conceitua que a lei de 1930 faz parte de uma longa tradição de legislação florestal que possui como finalidade a regularização e utilização das florestas. Entretanto, é parte do esforço de inserir no Brasil um projeto modernizador que buscava industrializar o país.

### **2.1.2 Código Florestal de 1965 (Lei nº 4.771)**

A Constituição Federal de 1965 reconhece que a proteção do meio ambiente extrapola a competência do Estado, sendo imprescindível a ajuda de agências para ajudar nessas questões que superam os limites territoriais políticos-administrativos dos estados

Diferentemente do mencionado anteriormente, o Código Florestal de 1965, avança ao conferir aos municípios a competência para determinar o percentual de área verde que deve ser observado em projetos de construção urbana, corroborando para a definição de estratégias de gestão municipal para eventos de inundação em áreas urbanas, conforme disposto nos incisos 8 e 9 do art. 4.

A destinação das reservas particulares de flora foi alterada pelo legislador de 1965. A importância da lenha como fonte estratégica de energia havia diminuído e já havia maiores preocupações em relação ao potencial impacto ambiental da manutenção dos arranjos florais. Para manter porções significativas de cada bioma florestal que havia sido preservado, o Código Florestal de 1965 (sob o nome de “Reserva Legal”), estabeleceu o percentual de 50% na Amazônia e 20% no restante do país. (FONSECA, 2012)

Antunes (2009) relata que havia, no período, um movimento significativo em andamento em vários estados federais para estabelecer suas próprias políticas florestais por

meio da promulgação de leis específicas. Esse movimento era fortemente incentivado pelo governo federal, que determina que todos os estados tenham leis florestais para conceder financiamento de projetos. Antunes (2012) reitera que o interesse comum também não deveria ser confundido com o domínio comum.

Mas, de qualquer forma, como já apresentado anteriormente, o Código Florestal definiu, a partir dos artigos 2º e 3º, o que eram as florestas de preservação permanente. De acordo com o referido Código, as áreas de preservação permanente são, em sua maioria, os protetores d'água que estão situados ao redor de lagos e ao longo de cursos d'água, em distâncias que variam de acordo com a extensão do curso (FONSECA, 2012).

Como resultado, é necessário estabelecer um pedaço de terra que seja suficiente para proteger os cursos d'água e, ao mesmo tempo, não impedir a produção agrícola. Em seus comentários ao Código Florestal, Antunes (2012), critica o termo "preservação permanente" por sua redundância. Dessa forma, cabe destacar que a preservação, no contexto do meio ambiente, refere-se à manutenção da condição de irreversibilidade do bem natural, em contraposição à ideia de conservação, que denota o uso racional ou sustentável dos recursos naturais.

Segundo o artigo 4º do Código Florestal de 1965 a retirada de vegetação de áreas de proteção permanente só pode ocorrer nos casos de benefícios sociais ou públicos devidamente identificados e justificados por procedimentos administrativos. Também estabelece um novo requisito: a ausência de alternativas técnicas e geográficas viáveis ao empreendimento proposto. Impõe também a implementação de medidas mitigadoras e compensatórias.

### **2.1.3 O Decreto Estadual 42.356/2010**

Após o Código Florestal de 1965, surge o Decreto Estadual 42.356/2010 que “Dispõe sobre o tratamento e a demarcação das Faixas Marginais de Proteção nos processos de licenciamento ambiental e de emissões de autorizações ambientais no Estado do Rio de Janeiro e dá outras providências” (INEA, 2022).

No Estado do Rio de Janeiro, o Instituto Estadual do Ambiente (INEA) utiliza critérios de dimensão mínima estabelecidos pelo Decreto Estadual nº 42.356, que permite comprimentos das FMP's menores em áreas urbanas consolidadas do que os permitidos pela Lei Federal nº 4.771, em vigor na época da edificação do Decreto, bem como comprimentos

de FMP menores do que os permitidos pela atual Lei Federal (RIO DE JANEIRO, 2010; BRASIL, 1965).

Segundo Júnior et al (2012), e como já anunciado pelas legislações analisadas até o presente momento, a vegetação de mata ciliar que cresce ao longo das margens dos rios tem efeitos benéficos na qualidade da água, mitigação de enchentes, preservação da biodiversidade, entre outros fatores que apontam para a necessidade de proteção ribeirinha. Devido à sua importância, a legislação brasileira designou as margens dos cursos d'água como Áreas de Preservação Permanente (APP), dando-lhes uma designação Florestal. Como resultado, essas áreas são consideradas não edificatórias e devem estar livres de ocupantes.

Os parâmetros para definição de uma AUC são averiguados por ao menos 3 técnicos do INEA em relação a um determinado trecho de um rio, como tipificado pelo artigo 4º do Decreto a seguir:

“Art. 4º Os limites mínimos fixados abstratamente pelo art. 2º, "a", do Código Florestal (Lei Federal nº 4.771/1965 e suas alterações) poderão ser reduzidos, em cada caso concreto, unicamente para os fins do disposto no art. 1º, deste Decreto, desde que a área se localize em zona urbana do município e que vistoria local, atestada por pelo menos 03 (três) servidores do Instituto Estadual do Ambiente, comprove, cumulativamente:”

I - que a área encontra-se antropizada;

II - a longa e consolidada ocupação urbana, com a existência de, no mínimo, quatro dos seguintes equipamentos de infra-estrutura urbana:

1. malha viária com canalização de águas pluviais;
2. rede de abastecimento de água;
3. rede de esgoto;
4. distribuição de energia elétrica e iluminação pública;
5. recolhimento de resíduos sólidos urbanos;
6. tratamento de resíduos sólidos urbanos; e
7. densidade demográfica superior a cinco mil habitantes por km<sup>2</sup>.

O Decreto nº 42.356/2010 (RIO DE JANEIRO, 2010) reconheceu que os limites mínimos impostos pelo Código Florestal poderiam ser reduzidos por meio do licenciamento e emissão de autorizações ambientais nas áreas urbanas dos municípios.

Segundo Carvalho (2021), pelo Decreto Estadual nº 42.356/2010 (RIO DE JANEIRO, 2010), o Rio de Janeiro é o único Estado do país com atribuição para demarcação de FMPs e, permite redução das larguras para 15 metros em áreas urbanas consolidadas, enquanto pelo Código Florestal possuiriam uma largura maior. De Moraes (2012), entretanto, adverte ainda que a redução de larguras se deu pela simples atestação dos pré-requisitos por três servidores do INEA, revestindo a demarcação de FMPs de subjetivismo e tornou-a carente de parâmetros técnicos que fundamentam os respectivos atestados, quadro 1.

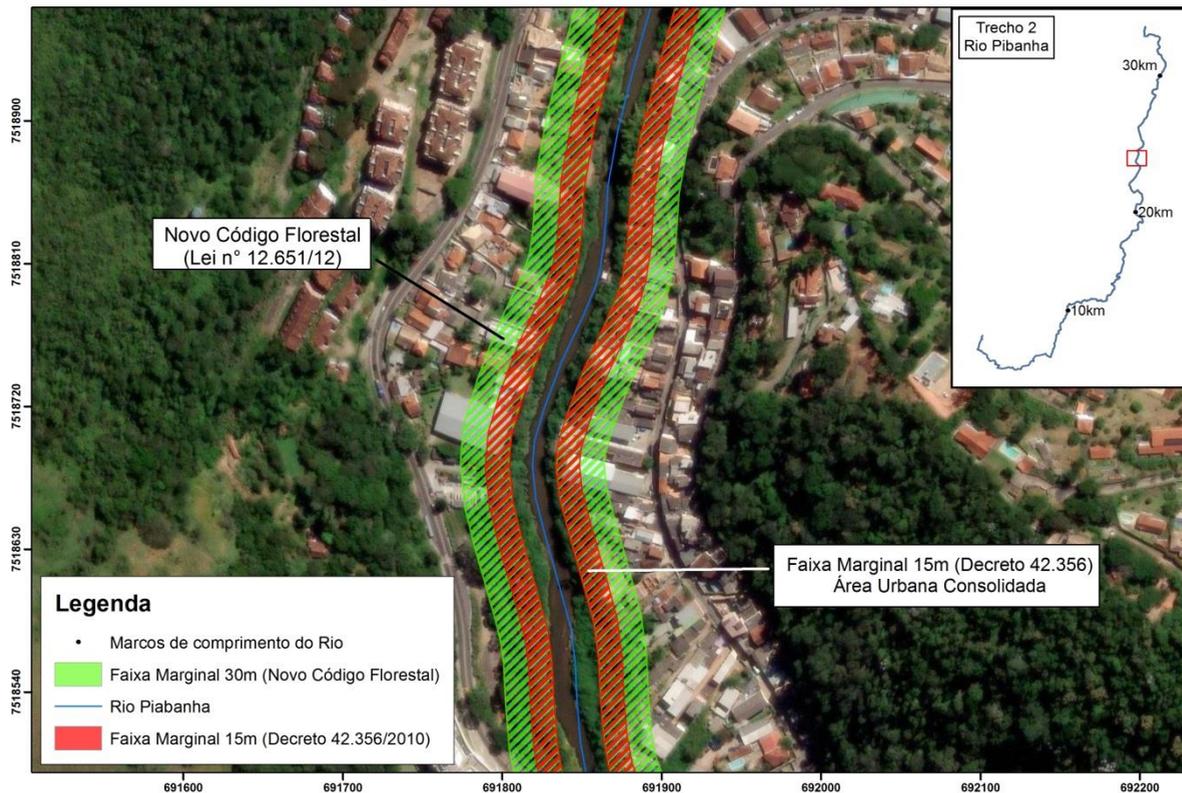
Quadro 1: Decreto 42.356/2010 FMP para rios em zonas urbanizadas.

CONCEITO E DELIMITAÇÃO DAS FMP				
Conceitos	Decreto 42.356/2010			
<b>Faixa Marginal de Proteção (FMP)</b>	Em zonas urbanizadas não consolidadas		Em zona urbana do município e vistoria local, atestada por pelo menos três servidores do Instituto Estadual do Ambiente	
<b>Delimitação das FMP</b>	Larguras da FMP (m)	Largura dos cursos d'água	Larguras da FMP (m)	Vazão associada a TR de 10 anos
	30	$L > 10$	<b>L = 1,5</b>	$V < 10 \text{ m}^3/\text{s}$
	50	$10 > L < 50$	<b>L = 5</b>	$V \geq 10 \text{ m}^3/\text{s}$
	100	$50 < L < 100$	<b>L ≤ 10</b>	Nos cursos d'água canalizados com margem revestida, de porte superior ao definido no § 2º deste artigo, deverão ser demarcadas, em ambas as margens, faixas não edificadas que permitam o acesso do poder público ao corpo hídrico.
	200	$200 < L < 600$		
	500	$L > 600$	<b>L = 15m (Rio Piabanha)</b>	§ 1º Exceto nos casos de cursos d'água de pequeno porte ou canalizados com margem revestida, a FMP/APP mínima, ainda que presentes os requisitos deste artigo, será de 15 metros, contados:

Fonte: Rio de Janeiro (2010)

Coelho Junior (2010) conceitua a possibilidade de cessar a aplicação do Código Florestal em alguns casos, mas chegou à conclusão de que somente a Lei federal poderia estabelecer normas com este conteúdo. Agora, apesar de toda a polêmica em torno do Decreto nº 42.356/2010, ele continua servindo de fundamento legal para a demarcação de FMPs no Rio de Janeiro e seu limite pode ser visualizado através da Figura 4.

## Novo Código Florestal versus Decreto 42.356/2010



**Figura 4.** Mapa de comparação entre Novo Código Florestal e o limite do Decreto 42.356. Fonte: (RIO DE JANEIRO, 2010; BRASIL 2012)

Nota-se que há diferença em termos de área total que o Decreto impõe nos segmentos dos rios definidos como AUC, em comparação aos 30 metros mínimos estipulados pelo Novo Código Florestal, sendo este o tema do próximo sub-capítulo desta dissertação.

### 2.1.4 Novo Código Florestal de 2012

O novo Código Florestal, também conhecido como Lei de Proteção da Vegetação Natural (Lei Federal nº 12.651/12), revogou o Código Florestal de 1965 (Lei Federal nº 4.771/65). Ele nasceu de um demorado processo de revisão da lei anterior, e é a principal lei que rege a preservação e uso da vegetação nativa encontrada em propriedades rurais privadas. Os dois principais mecanismos do novo Código Florestal para proteger e regular o uso da vegetação nativa são as reservas legais e as APPs (áreas de proteção permanente), que já foram discutidas no tópico anterior.

O uso e proteção de florestas e outras espécies vegetais nativas em propriedades rurais privadas são regidos pela Lei de Proteção da Vegetação Nativa Lei Federal nº 12.651/12 (BRASIL, 2012). A quantidade de vegetação nativa que cresce nessas propriedades e sua

distribuição uniforme na paisagem tornam necessário que o novo Código Florestal tenha um papel semelhante e complementar às unidades de conservação públicas na preservação da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos, bem como na regulação climática.

Coelho (2010) afirma que antes de sua aprovação em 2012, o novo Código Florestal passou por um processo demorado e contencioso, marcado por conflitos de interesse entre diversos grupos. Entretanto, após oito anos de sua aprovação, a lei ainda não está totalmente em vigor e ainda causa certos questionamentos.

Fonseca (2012) destaca que o Código previa novos caminhos para a recuperação florestal, incluindo incentivos para pequenos produtores, possibilitando que a recuperação ocorresse de forma eficaz sem causar danos a ninguém. A autora destaca que uma regra única que trata da preservação e exploração denota a possibilidade de combinar os dois fatores, permitindo sua compatibilização, pois peculiaridades surgem ao longo do tempo, mas é isso que leva à evolução legislativa, quadro 2.

Quadro 2: Evolução do Código Florestal, Leis 4.771/65 e 12.651/12.

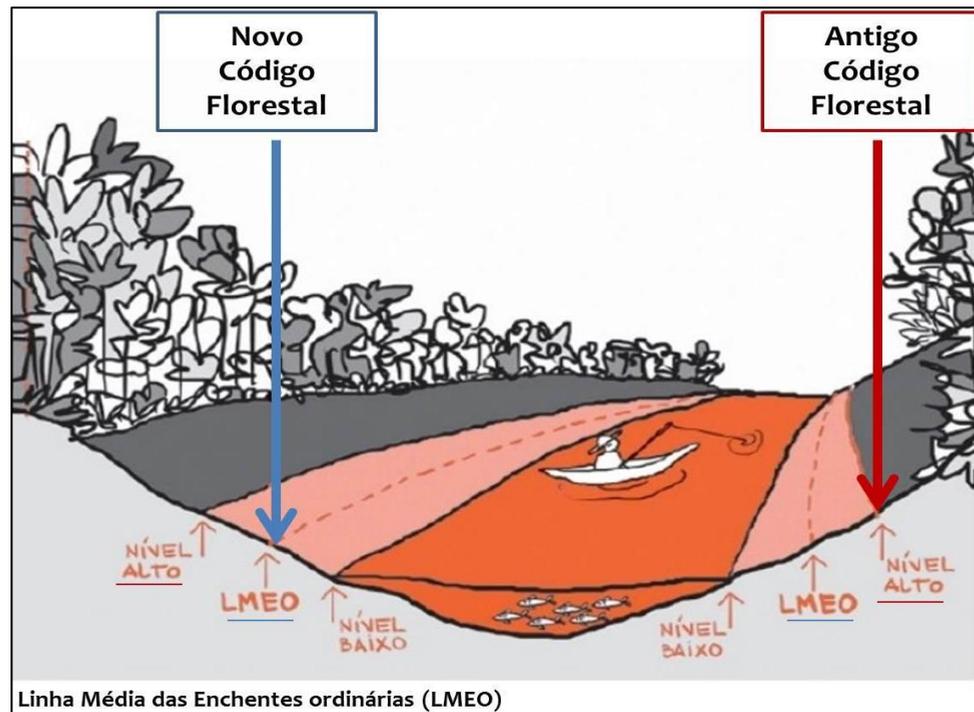
<b>CONCEITO E DELIMITAÇÃO DAS FMP</b>				
<b>Conceitos</b>	<b>Código Florestal</b>			
	<b>Lei 4771/65</b>		<b>Lei 12.651/12</b>	
<b>Faixa Marginal de Proteção (FMP)</b>	<b>Medida a partir do nível mais alto</b> , em projeção horizontal, variando de acordo com a largura mínima do trecho em questão		São consideradas Faixas Marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, <b>segundo a LMEO</b> , de acordo a largura mínima do trecho em questão	
<b>Delimitação das FMP</b>	Larguras da FMP (m)	Largura dos cursos d'água	Larguras da FMP (m)	Largura dos cursos d'água
	30	$L > 10$	30	$L > 10$
	50	$10 > L < 50$	50	$10 > L < 50$
	100	$50 < L < 100$	100	$50 < L < 100$
	200	$200 < L < 600$	200	$200 < L < 600$
	500	$L > 600$	500	$L > 600$

Fonte: elaboração própria

Como dito anteriormente, as mudanças promovidas pelo Código Florestal Brasileiro foram bastante realistas na tentativa de conciliar conservação e exploração ambiental da melhor forma possível. A questão é saber se o atual Código Florestal é a melhor forma de abordar cada questão e preservação ambiental ou se deveria haver leis diferentes para abordar assuntos diferentes (FONSECA, 2012).

Em suma, as primeiras definições para a Faixa Marginal de Proteção levavam em conta o fim da lâmina d'água como ponto de partida para a medição (Lei 4.771/65), como pode ser visualizado na Figura 5. Mais à frente foi reconhecido que esse nível de água varia

constantemente ao longo das estações, sendo, portanto, arbitrário. Além disso, rios que observam dinâmica de estiagem (períodos naturais de pouca chuva) também foram reconhecidos dentro da definição desde que exista borda da calha do leito regular, conforme a Lei 12.651/12 (BRASIL, 2012). A coexistência de corpos hídricos e zonas urbanas, consolidadas ou não, justificou a criação de cláusulas específicas para estes cenários, a exemplo do Decreto 42.356/2010 (RIO DE JANEIRO, 2010).



**Figura 5:** Demarcação das Faixas Marginais de Proteção.  
Adaptado de OLIVEIRA (2019)

## 2.2 Os Rios e a Cidade

O planejamento de uma cidade nem sempre ocorre conforme estabelecido pelo plano diretor, cujo objetivo é ordenar o crescimento de suas zonas sejam elas, por exemplo, urbana, rural ou urbano-industrial. Isso porque a cidade depende principalmente da interação entre o estabelecimento de um dado grupo de habitantes e o comércio que os atende.

Além disso, é notável que em sua maioria, a parcela da população mais carente se estabelece em regiões onde não são consideradas áreas de interesse dos governantes de uma cidade. Muitas vezes estas apresentam perigo e a ocupação destas fornece um grau de suscetibilidade associado.

Se tratando de problemas associados à enchentes e inundação, Tucci (2012) ressalta que estes dependem do grau de ocupação da várzea e a frequência dos eventos. Isso porque, a

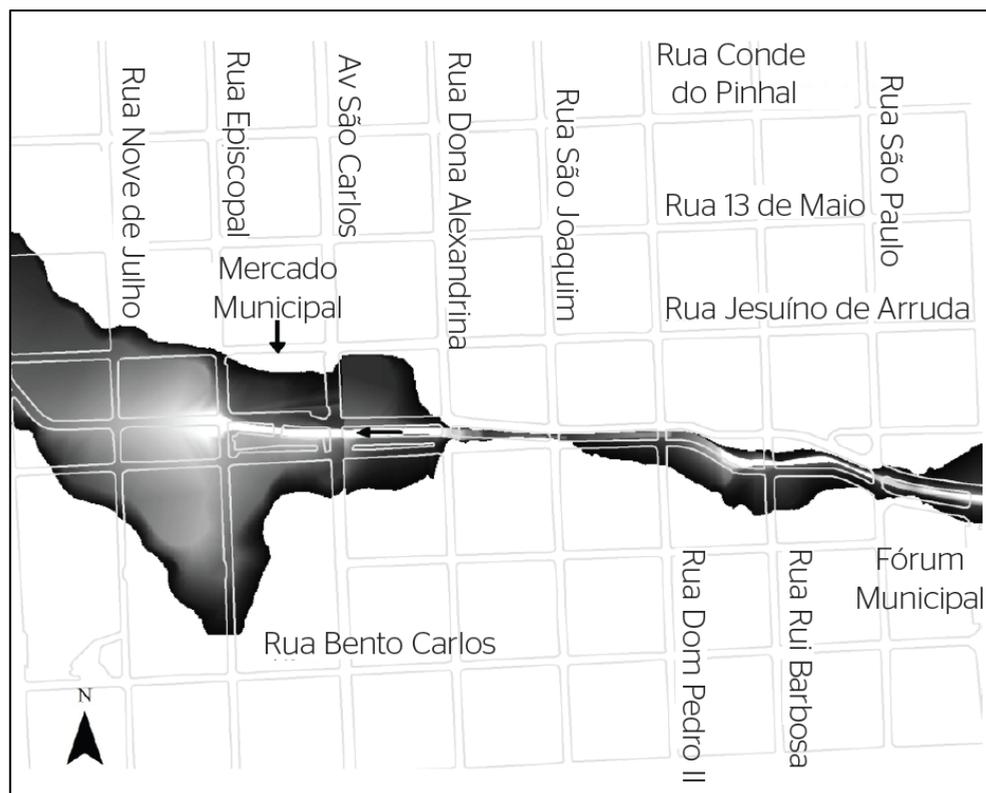
ocupação destas zonas é variada podendo ser para habitação, recreação, uso agrícola, comercial ou industrial.

Outra questão levantada por Tucci (2012) o tipo do poder aquisitivo da população que ocupa certas áreas da cidade. Quanto maior o poder aquisitivo tende-se a ocupar locais mais seguros enquanto a população mais carente passa a ocupar regiões de maior vulnerabilidade. Muitas vezes os desastres ocorrem, pois, “Quando a frequência das inundações é baixa, a população ganha confiança e despreza o potencial, aumentando sensivelmente o investimento e a densificação nas áreas inundáveis.” Para o autor existem maneiras para combater o problema das enchentes utilizando medidas estruturais e não estruturais. Que segundo este, a primeira está ligada à obras de engenharia para reduzir os impactos modificando a região de modo a alterar as relações entre vazão e precipitação e a segunda são utilizadas para minimizar os danos causados como, por exemplo, previsão e alertas de chuvas.

Um estudo realizado por Decina e Brandão (2016) analisando o desempenho de medidas estruturais e não estruturais de controle de inundações em uma bacia urbana em diferentes cenários mostra que nem sempre a aplicação de planos diretores, cujo objetivo é ordenar o espaço urbano e muitas vezes almejam mitigar os problemas causados por enchentes, tornam-se eficazes.

De acordo com Decina e Brandão (2016), as análises realizadas em uma parcela da bacia hidrográfica do Córrego do Gregório, no estado de São Paulo, apresentam que no cenário 3 no qual consideram-se as diretrizes do Plano Diretor e medidas estruturais para o controle de inundações não se mostrou eficaz. Isso porque, os resultados apontaram que as vazões máximas obtidas são maiores que as do Cenário 1 – Atual que já apresentavam o problema.

A Figura 6 mostra o cenário 1, onde estão presentes elementos da ocupação urbana em torno do curso hídrico. Em destaque na imagem está o mercado municipal atingido pelo aumento do nível d’água. Isso mostra como o desrespeito aos limites impostos pelo Código Florestal para margens de rios pode causar um dano socioeconômico.



**Figura 6:** Mancha de inundação para o Cenário 1 – Atual, para tempo de retorno de 25 anos.  
Fonte: Decina e Brandão (2016, p. 215)

No quadro 3 estão presentes os resultados obtidos por estes autores. Mostrando a comparação entre diferentes cenários de situações de inundações em função do tempo de recorrência. O cenário 3 não se mostrou eficaz e relacionando ao assunto tratado nesta dissertação, as FMPs, é relevante mostrar que não estão sendo respeitadas e isso torna, independentemente do tipo de medida tomada, um problema inevitável às cheias dos rios.

Quadro 3: Área ocupada pela mancha de inundação para cada cenário de acordo com o tempo de retorno.

<b>Áreas das manchas de inundação (m<sup>2</sup>)</b>			
<b>Cenário</b>	<b>TR = 25 anos</b>	<b>TR = 50 anos</b>	<b>TR = 100 anos</b>
1	87.123	97.912	108.751
2	108.632	117.958	130.201
3	97.299	105.761	112.921
4	103.169	112.537	121.618
5	95.060	103.786	111.790
6	113.271	121.780	133.335
7	100.155	110.327	119.132

Fonte: Adaptado de Decina e Brandão (2016, p. 215)

Os resultados mostram que as medidas para contenção dos problemas enfrentados pela população podem não ser eficazes e este trabalho faz uma análise das legislações e problemas consecutivos da urbanização desordenada a fim de mostrar como umas das soluções mais viáveis a aplicação de uma legislação que limita a ocupação das paisagens próximas às regiões de cheias dos rios evitando um problema construído por consecutivos governos.

### **2.2.1 Área urbana consolidada**

Como apresentado no item 2.1 deste capítulo, as áreas urbanas consolidadas passam a se estabelecer como importantes elementos a partir do sancionamento, em 2010 do Decreto 42.356 (RIO DE JANEIRO, 2010). Mais adiante em 2021, foi promulgada a Lei 14.285, que provocou alterações no novo Código Florestal, relacionado a definição das áreas urbanas consolidadas e suas características de distanciamento dos cursos d'água. (MANSKE, 2022; BRASIL, 2021). Existem na literatura parâmetros diferentes para definir o conceito de área urbana consolidada, dependendo do país e legislação vigente, e é resultado de critérios que são tanto quantitativos (hab/ha) quando qualitativos (ZEE's – Zoneamento Ecológico Econômico).

Para entender a ideia de área urbana consolidada, é necessário primeiro estabelecer uma distinção entre ela e a ideia de núcleo urbano informal consolidado, pois este último, refere-se à habitação humana para áreas preservadas, alterando, inclusive, sua função ecológica.

De acordo com os resultados encontrados por Vieira (2019, p. 28) há de fato o processo de degradação da vegetação natural ao entorno de rios envolvidos por áreas urbanas consolidadas e mostra na região de estudo, à margem norte do rio Itajaí-Açu, estado de Santa Catarina, que deveria ser área de preservação permanente 28,109 hectares enquanto que na realidade restaram apenas 6,215 hectares de vegetação remanescente, ou seja, a presença de área antropizada atinge 77,9% da região que deveria estar protegida.

Retomando às condições existentes no Decreto 42.356/2010 (RIO DE JANEIRO, 2010) para dimensionamento das FMP discutidas ao longo deste capítulo, pode ocorrer um favorecimento de um cenário de densa ocupação em regiões que poderiam estar preservadas conforme estabelecido pelo Código Florestal brasileiro. Tais normativas para

estabelecimento dos limites para ocupação destas Faixas Marginais de Proteção podem levar à um cenário similar ao citado no parágrafo anterior.

Além desta discussão, a versão original da Lei 12.651/12 (BRASIL, 2012) estabelecia que a área urbanizada em consolidação se enquadra no inciso II do artigo 47. Este dispositivo legal definiu "área urbana consolidada" como uma porção de uma área urbana com densidade superior a cinquenta (50) habitantes por hectare, barreiras veiculares instaladas, e pelo menos duas das seguintes instalações de infraestrutura urbana instaladas: Drenagem de águas pluviais urbanas; Esgotamento sanitário; Abastecimento de água potável; Distribuição de energia elétrica; e Limpeza urbana, coleta e manejo de resíduos sólidos (IPEA, 2016).

No entanto, de acordo com o artigo da Lei 13.465/17, conhecida como Lei Reurb disposta no ART. 11.: “§ 1o Para fins da Reurb, os Municípios poderão dispensar as exigências relativas ao percentual e às dimensões de áreas destinadas ao uso público ou ao tamanho dos lotes regularizados, assim como a outros parâmetros urbanísticos e edílios.” (REURB, 2017, p.7). O objetivo desta lei era substituir a expressão "área urbana consolidada" por "núcleo urbano informal consolidado", e conseguiu isso alterando a redação dos artigos 64 e 65 da Lei 12.651 e estabelecendo o conceito de "núcleo urbano informal consolidado" na Lei 13.465 (BRASIL, 2017; BRASIL, 2012).

Com isso, o objetivo original da definição de “área de consolidação urbana” foi servir de critério no processo de regularização fundacional instituído pela lei 11.977/09. A expressão "área urbana consolidada" foi reintegrada no ordenamento jurídico com a aprovação da Lei nº 14.285, embora com definição e aplicação diferentes daquelas adotadas pela Lei nº 11.977 (BRASIL, 2009; BRASIL, 2021).

Segundo o IPEA (2016), se esta área for classificada como "área urbana consolidada", poderão ser adotadas regras para definição ou redução das áreas de preservação permanente ao longo das margens dos cursos d'água. Uma "área urbana consolidada" deve atender aos critérios listados no artigo 3º da Lei Federal 12.651/12 (BRASI, 2012), como por exemplo estar incluída no perímetro urbano ou em zona urbana pelo plano diretor ou por lei municipal específica ou possuir sistema viário implantado.

### **2.2.2 Meios Físicos, Socioeconômicos e Bióticos**

Como mencionado anteriormente, as APPs e, da mesma maneira, as FMPs, possuem grande centralidade na manutenção e preservação dos recursos hídricos, entretanto, quando

essa proteção aos recursos hídricos não é concretizada acabam gerando impactos nos meios físicos, socioeconômicos e bióticos. Os processos de enchentes e inundações se enquadram nos impactos citados, pois são eventos que podem ocorrer como consequência do uso indevido do solo, interferência e engenharia humana, sendo intensificado por relações inerentes à própria dinâmica socioambiental de determinada região.

Tominaga *et al.* (2015), representa na Figura 7, a diferença da inundação, enchente e a situação normal de água. Essa diferenciação se torna relevante uma vez que não há, na literatura acadêmica, um consenso firme sobre a definição de cada um desses termos.



**Figura 7:** Processo de enchente e inundação e situação normal.  
Fonte: Ministério das Cidades/IPT, 2007 apud Tominaga *et al.* 2015.

O autor descreve os processos ocorridos em um rio baseado nas definições do Ministério das Cidades, seguem estas no quadro 4.

**Quadro 4:** Processo de enchente e inundação e situação normal.

<b>Processos de cheias de um rio</b>			
<b>Inundações</b>	<b>Enchentes ou cheias</b>	<b>Alagamento</b>	<b>Enxurrada</b>
Transbordamento das águas de um curso d'água, atingindo a planície de inundação ou área de várzea.	Elevação do nível d'água no canal de drenagem devido ao aumento da vazão, atingindo a cota máxima do canal, porém, sem extravasar.	Acúmulo momentâneo de águas em determinados locais por deficiência no sistema de drenagem.	Escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte, que pode ou não estar associado a áreas de domínio dos processos fluviais.

Fonte: Adaptado de Ministério das Cidades/IPT, 2007 apud Tominaga *et al.* 2015.

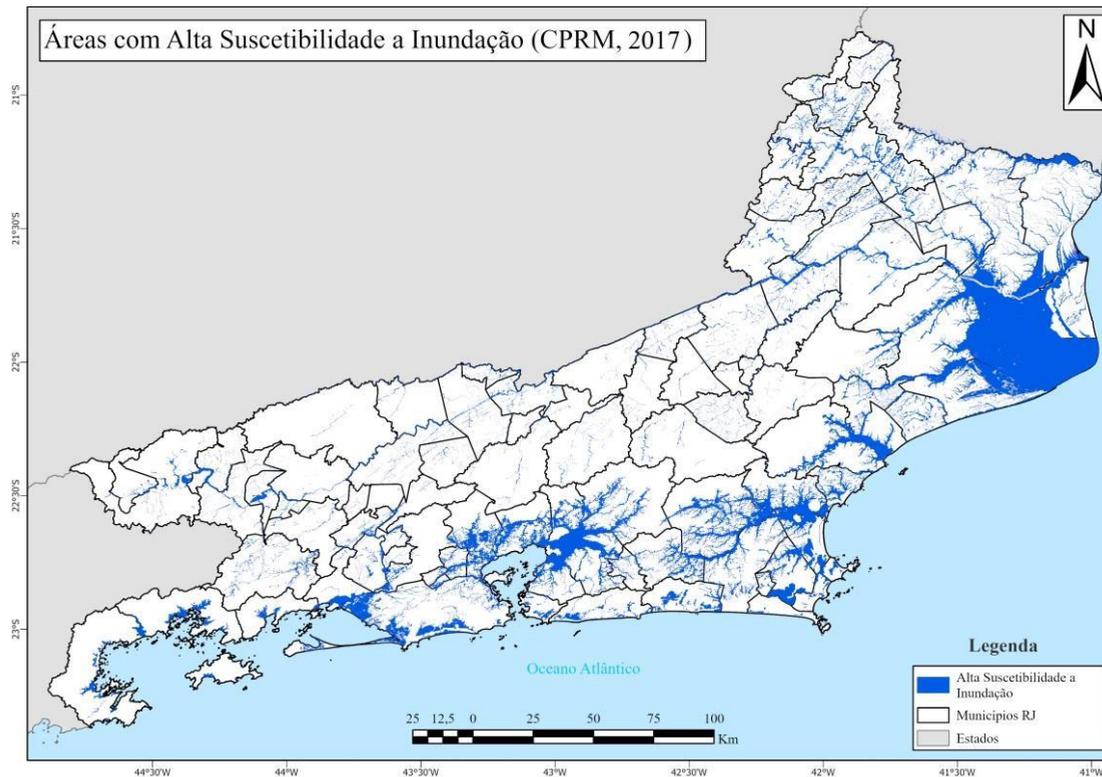
Entende-se, para o presente trabalho, enchente como nível alto de vazão do afluente preenchendo toda sua calha de drenagem, e inundação como o nível acima da calha de drenagem chegando até a planície fluvial adjacente ao corpo hídrico. É válido mencionar que a inundação é um fenômeno natural e a influência humana apenas intensifica sua força e frequência com as alterações e mudanças paisagísticas do próprio rio e seus arredores.

Um aspecto desses níveis de vazão é a LMEO (linha média de enchentes ordinárias), utilizada no atual Código Florestal como marco zero para projetar a Faixa Marginal de Proteção. Em poucas palavras, representa a média entre as vazões de drenagem mais baixas e mais altas ao longo de um ano inteiro, medido através de equipamento Fluviométrico de caráter flutuante, que mensura constantemente o nível de determinado trecho de um rio principal.

Tendo em vista que os processos naturais causam danos à infraestrutura das cidades e compreendendo a relevância das FMPs na mitigação dos mesmos, surge a necessidade de classificar os danos ocasionados pelas inundações. Estes podem ser configurados como tangíveis e intangíveis, podendo também ser categorizado como dano direto e indireto. De acordo com Hammond *et al.* (2015), o dano tangível é o impacto que pode ser especificado em valores monetários, como por exemplo: danos a prédios, imóveis e patrimônios. Já o dano intangível é quase impossível de ser especificado em valores monetários, como por exemplo, a perda na qualidade de vida e danos na saúde.

Os autores supracitados também afirmam que o dano direto corresponde a qualquer impacto ocasionado pelo contato direto com o evento de inundação, enquanto o dano indireto ocorre fora da área afetada pela inundação, como o custo da interdição de serviços de emergência.

Dessa forma, pode-se atrelar os danos tangíveis e intangíveis como os impactos gerados nos meios socioeconômicos e bióticos, respectivamente, podendo resultar em prejuízos diretos de bens ecológicos (PIMENTEL, 2021). Apesar de não ter como prever todos os danos, é possível perceber a importância da Faixa Marginal de Proteção como peça fundamental para evitar alguns dos desastres citados por Pimentel, tendo em vista que as ocupações em lugares demarcados pelas FMPs prejudicam demasiadamente o processo de preservação dos recursos hídricos, um mapa das áreas mais inundáveis no ERJ pode ser visualizado na Figura 8.

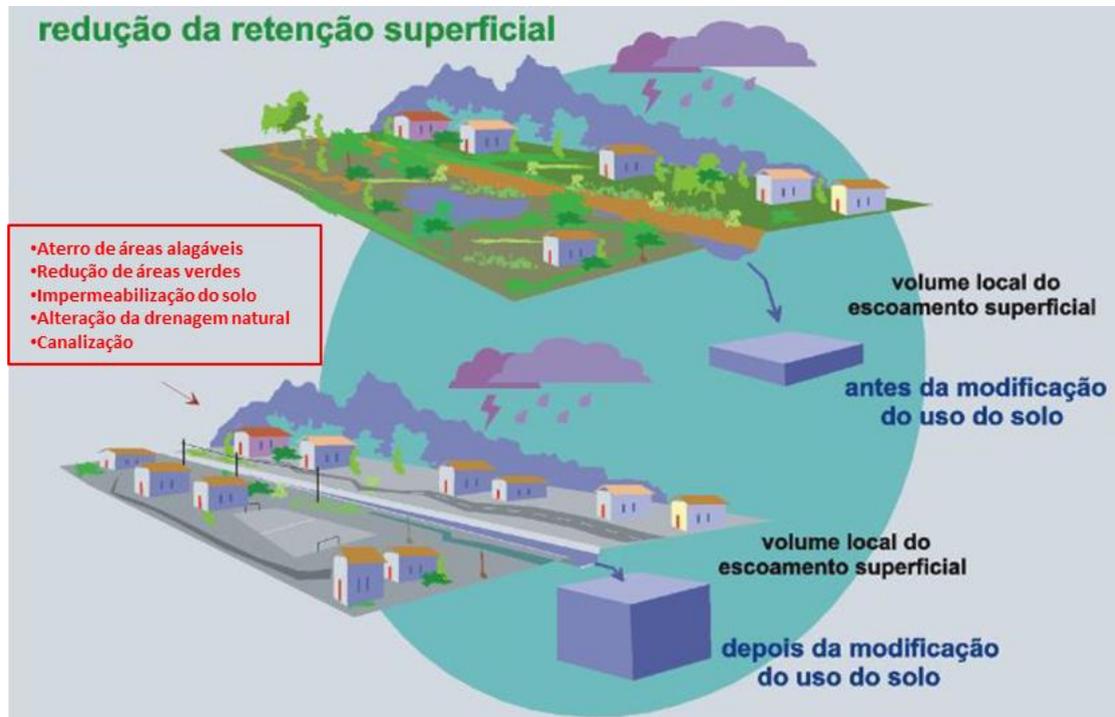


**Figura 8:** Áreas com Alta suscetibilidade a Inundação no ERJ.  
Fonte: CPRM (2017)

O Rio de Janeiro e a macrorregião do Sudeste como um todo observam altos níveis de precipitação principalmente durante a estação do Verão, e é justamente nessa época que os fenômenos de inundação e deslizamento de terra ocorrem com maior intensidade e permeiam os veículos de notícia. Além desse padrão anual, existem marcos históricos nos quais chove muito mais do que a média, como o caso de 2011, onde a Região Serrana foi a mais impactada do Estado, milhares de famílias ficaram desabrigadas e inúmeras estradas foram bloqueadas por detritos sólidos e árvores caídas (NETTO *et al* 2012). Esses eventos excepcionais tornam ainda mais latente a necessidade pública de se preservar as áreas de proteção para no mínimo amortecer os impactos decorrentes de eventos climáticos.

Ainda se tratando da importância da proteção das margens de um rio ligado ao regime de cheia há fatores vinculados ao ciclo da água na região com ocupação antrópica, de acordo com as notas de aula de hidrologia de Souza (2020), como a retenção natural de água precipitada em função da relação chuva x volume superficial. Souza afirma que a proteção da vegetação natural da paisagem “(...) atua facilitando a infiltração e promove o retardamento da elevação do nível das águas nas calhas dos rios e a redução dos volumes disponíveis para os escoamentos superficiais.”

A Figura 9 mostra o comportamento de um rio totalmente canalizado e com suas margens impermeabilizadas pela ocupação urbana.



**Figura 9:** Impactos da urbanização.  
Fonte: Souza (2020)

Ao menos há três elementos fundamentais, componentes do ciclo hidrológico local, sendo afetado quando há uma situação de total ocupação ao entorno do rio. Estes são a interceptação, infiltração e o escoamento superficial.

De acordo com Tucci (2012) a interceptação vegetal devido à presença de flora ou qualquer outro tipo de obstrução ao escoamento, estes obstáculos oferecem retenção ao escoamento superficial, afetando positivamente no balanço hídrico da bacia hidrográfica, contribuindo com o reservatório que armazena uma parcela da precipitação para consumo (aquíferos).

A cobertura vegetal atua como amortecedor dos impactos da precipitação no solo, para Tricart (1997, p.27) esta camada vegetal é responsável “pelo fornecimento à superfície do solo de detritos vegetais que desempenham o papel amortecedor”. Tendo assim um papel fundamental para mitigar a erosão do solo.

O segundo elemento em destaque, a Infiltração, para Martins (2005, p. 44) apud Machado e Torres (2012, p. 119) ocorre com a “penetração da água nas camadas de solo próximas à superfície do terreno, movendo-se para baixo, através dos vazios, sob ação da gravidade, até atingir uma camada-suporte que a retém, formando então a água do solo”

Tendo em vista que o terreno urbano, quase em sua totalidade, é impermeável, mais um problema em função da ocupação surge principalmente se tratando das margens de rios por contribuir no processo de inundação citado neste capítulo.

O terceiro componente do ciclo hidrológico é o escoamento superficial. Para Silva (2003) apud Silva (2014, p. 5) “consiste no deslocamento da água sobre a superfície do solo, ocorrendo quando a água originada de uma chuva intensa esco livremente sobre a superfície do solo, drenada por forças gravitacionais”. Além disso, o tipo de solo pode influenciar no escoamento da água precipitada. A quadro 5 mostra quão diferente é o coeficiente de escoamento superficial de uma superfície natural à uma superfície completamente urbanizada.

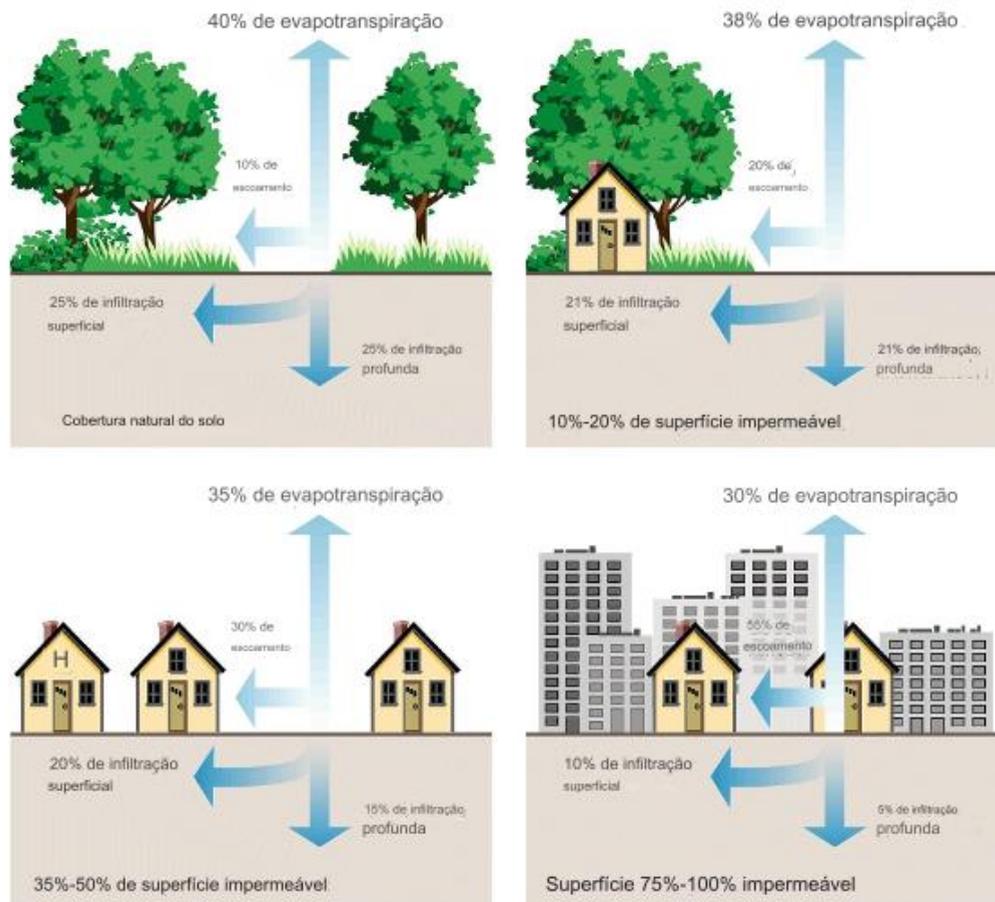
Quadro 5: Valores do coeficiente de escoamento baseados nas características detalhadas das diversas superfícies presentes na bacia.

<b>Valores do coeficiente de escoamento em função da superfície ao entorno da bacia</b>	
Telhados perfeitos sem fuga;	0,70 a 0,95
Superfícies asfaltadas em bom estado;	0,85 a 0,90
Pavimentação de paralelepípedos, ladrilhos ou blocos de madeira com juntas bem tomadas;	0,70 a 0,85
Para superfícies anteriores sem as juntas tomadas;	0,50 a 0,70
Pavimentação de blocos inferiores sem as juntas tomadas;	0,40 a 0,50
Estradas macadamizadas;	0,25 a 0,60
Estradas e passeios de pedregulho;	0,15 a 0,30
Superfícies não-revestidas, pátios de estradas de ferro e terrenos descampados, parques, jardins, dependendo da declividade;	0,10 a 0,30
Do solo na natureza e do subsolo.	0,01 a 0,20

Fonte: Villela e Mattos (1980) apud Garotti e Barbassa (2010, p. 21)

A Figura 10 mostra quatro situações em que 4 componentes do ciclo hidrológico estão presentes. Nota-se que à medida que a ocupação antrópica aumenta há um caimento do percentual de infiltração da água da chuva, um expressivo aumento do escoamento superficial

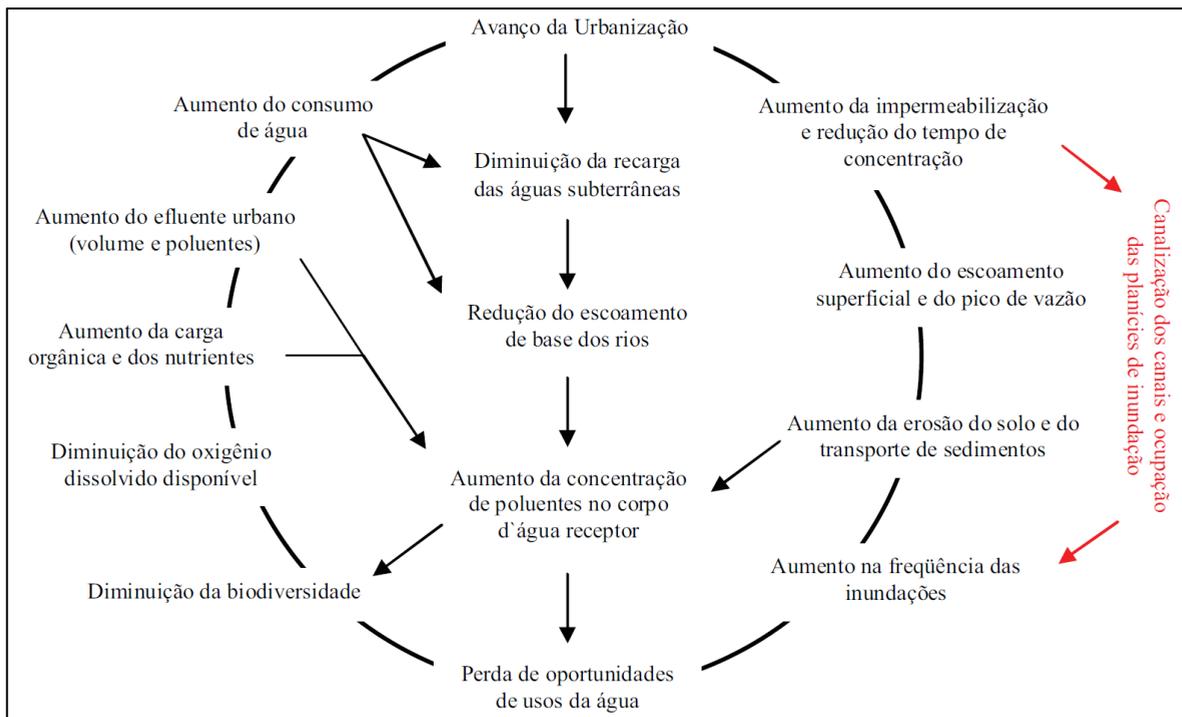
e a redução do percentual de evapotranspiração<sup>1</sup> em função da supressão vegetal.



**Figura 10:** Alterações nas parcelas do ciclo hidrológico em diferentes fases da urbanização  
 Fonte: FISRWG, 2001, apud CARDOSO, 2008, p. 7

Na Figura 11 estão os impactos decorrentes da mudança destes componentes em um ciclo composto por diversos fatores, elementos e intervenções antrópicas presentes nas regiões de grande densidade urbana em torno dos rios que se relacionam entre si gerando impactos no ciclo hidrológico local.

<sup>1</sup> Evapotranspiração: “A evapotranspiração é um processo conjugado da evaporação e transpiração vegetal ( e animal em menor escala). (...) A transpiração é a evaporação da água que foi utilizada em diversos processos metabólicos necessários ao crescimento e desenvolvimento das plantas. Ela se dá através dos estômatos das plantas (...)” Machado e Torres ( 2012, p. 113)



**Figura 11:** Impactos da urbanização da bacia hidrográfica no ciclo da água.  
 Fonte: CHOCAT et al, 2007 apud Resende 2010, p. 23.

A quadro 6 é uma adaptação dos principais agravantes dos eventos da Figura 11 e consequências para o meio não somente atingindo a natureza, mas também o homem.

Quadro 6: Impactos da urbanização da bacia hidrográfica no ciclo da água.

<b>Agravantes dos efeitos danosos ao ciclo hidrológico</b>	
<b>Retirada da cobertura vegetal</b>	facilita processos erosivos que contribuem para o assoreamento dos rios, diminuição da calha fluvial e, conseqüentemente, da capacidade de vazão do canal; diminui a capacidade de amortecimento das cheias; diminui o processo de evapotranspiração; aumenta o volume e a velocidade do escoamento superficial.
<b>Impermeabilização do solo</b>	diminui o processo de evapotranspiração; reduz o potencial de infiltração e a recarga dos aquíferos; aumenta e acelera o escoamento superficial.
<b>Ocupação de áreas potencialmente alagáveis (margens dos rios; várzeas de inundação; pontos baixos da cidade)</b>	a capacidade de condução de vazão do canal, quando as margens e o leito secundário são ocupados; aumenta a quantidade de resíduos na calha dos rios; expõe mais pessoas às inundações, intensificando a vulnerabilidade da população aos eventos de cheia.
<b>Favelização (margens e encostas)</b>	retirada da cobertura vegetal; diminuição da capacidade de vazão do canal; aumento da quantidade de resíduos sólidos e carga orgânica no sistema de drenagem, por não contar com serviço de saneamento eficiente, exposição crítica dessas comunidades ao potencial de inundação e acidentes maiores.

<b>Resíduos Sólidos (lixo domiciliar e resíduos da construção civil)</b>	acúmulo de partículas em pontos de estrangulamento do escoamento, reduzindo a capacidade de condução de vazão do trecho, o que produz um efeito de remanso para montante e, com isso, o aumento nos níveis d'água na calha do rio, assim propiciando maiores e mais frequentes inundações nos trechos acima deste ponto.
<b>Intervenções urbanas físicas nos cursos d'água (pontes, aterros e travessias)</b>	diminuição da capacidade de condução de vazão e, conseqüentemente, aumento do efeito de remanso para montante. Esse quadro torna-se ainda mais grave quando combinado com o lançamento de resíduos sólidos no sistema de drenagem, que tendem a se concentrar nestas seções.

Fonte: Resende (2010, p. 23).

Como última menção à importância das FMPs e preservação destas áreas, para Junior (2013, p. 50 – 51), a função da zona ripária<sup>2</sup> vai além da preservação da vegetação ciliar. O autor cita uma listagem referente à relevância destas zonas. Sendo elas:

- manutenção/melhora da qualidade da água dos corpos d'água;
- interceptação de sedimentos, nutrientes, pesticidas e outros materiais provenientes do escoamento superficial;
- redução dos nutrientes e outros poluentes do fluxo subsuperficial;
- estabilização dos taludes e as planícies aluviais, reduzindo a erosão;
- habitat para fauna;
- controle ou amenização da temperatura da água através da sombra proporcionada pela mata ciliar;
- redução dos picos de cheia;
- proteção da população quanto as inundações dos cursos d'água;
- manutenção de corredores ecológicos;
- paisagismo e recreação.

### 2.3 Impactos socioambientais decorrentes da legislação

As alterações no Código Florestal causam impactos ambiental referente ao total de área protegida dentro de uma propriedade rural. Nunes et al (2018) afirmam que antes do Novo Código Florestal brasileiro era dever dos proprietários rurais proteger não somente as

<sup>2</sup> As zonas ripárias são áreas de saturação hídrica da microbacia, encontradas principalmente ao longo das margens e nas cabeceiras da rede de drenagem, mas podendo ocorrer também em partes mais elevadas da encosta, dependendo da topografia e das condições de transmissividade do solo. Attanasio et. al, (2012, p. 494)

áreas de Reserva Legal, mas somava-se as Áreas de Preservação Permanente remanescente dentro dos limites da propriedade rural. Estes autores destacam que

as áreas de proteção permanente não poderiam ser consideradas áreas de reserva legal, ou seja, havia a necessidade de maior manutenção das áreas verdes nas propriedades rurais, já que os proprietários tinham por obrigação manter as áreas de APP e, somadas a elas, reservar cerca de 20% do seu território – salvas as exceções apresentadas no quadro anterior – para áreas verdes. Com isso, propiciou-se a diminuição recente de grandes áreas verdes, o que contribui para impactos ambientais significativos. Nunes, Fraga e Lima (2018, p. 243)

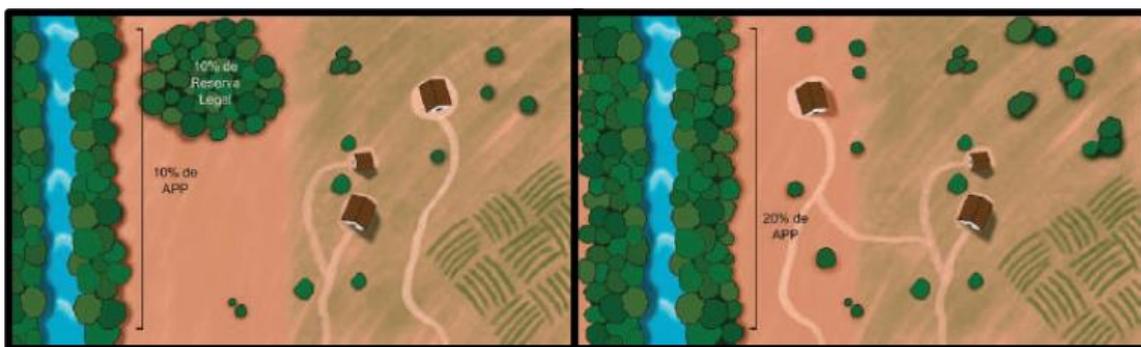
A tabela 1 apresenta o percentual mínimo a ser preservado e considerado como reserva legal, de acordo com Nunes, Fraga e Lima (2018, p. 241).

Tabela 1: Classificação dos percentuais da reserva legal por caracterização de uso e cobertura da terra e região contemplada.

Região contemplada	Caracterização	Percentual de reserva legal
Amazônia Legal	Imóveis situados em área de floresta	80%
	Imóveis situados em área de cerrado	35%
	Imóveis situados em área de campos gerais	20%
Demais regiões do país	Não há classificação	20%

Fonte: Nunes, Fraga e Lima (2018, p. 241).

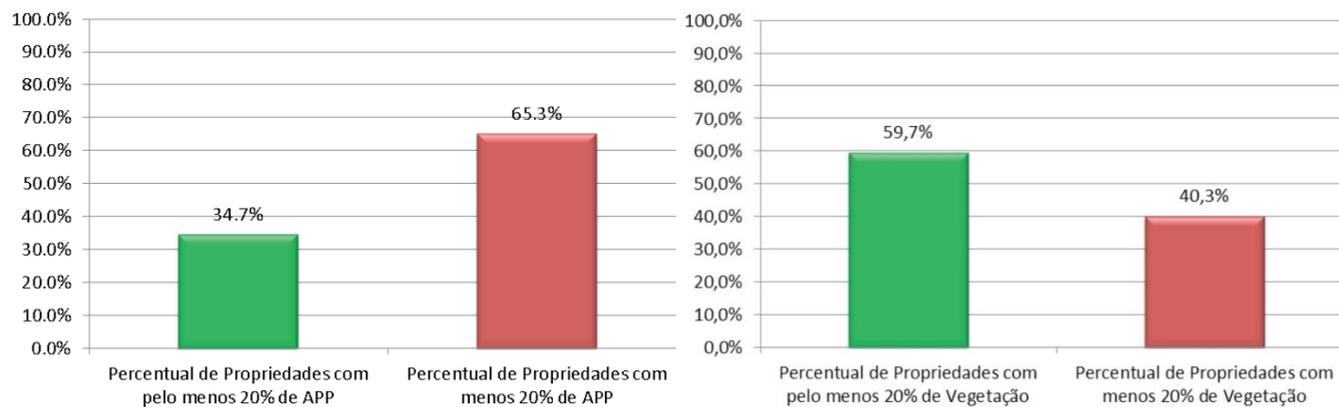
A Figura 12 ilustra o fato mencionado, mostrando que atualmente a proteção está enfraquecida quando somente a presença de 20% de zoneamento de APPs basta para considerar que aquele imóvel está preservando o ambiente natural.



Fonte: CI Florestas apud Nunes, Fraga e Lima (2018).

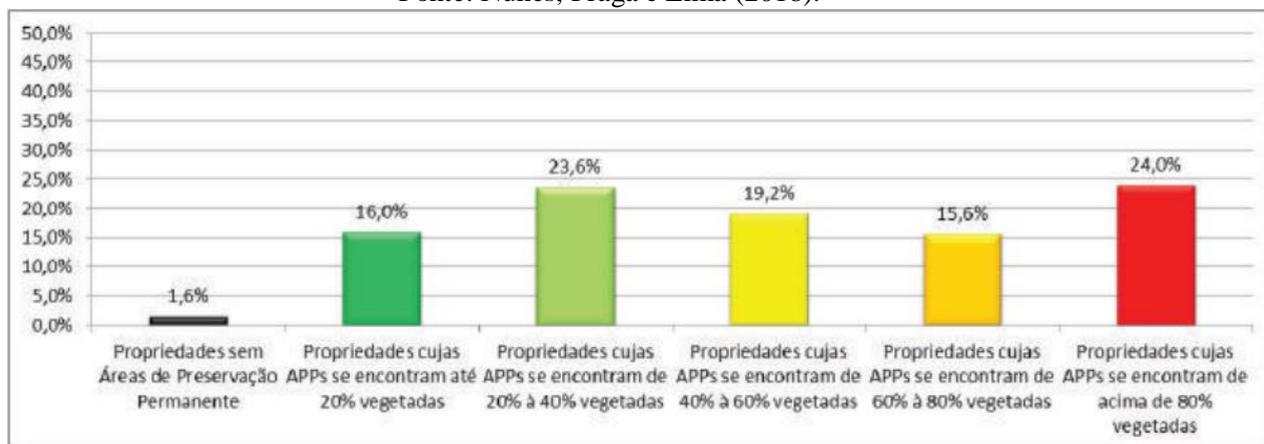
No estudo destes autores supracitados foi realizado o dimensionamento de todos os tipos de APPs sendo estes: Faixa Marginal de Proteção, Áreas de nascentes e olhos d'água, Declividades superiores à 45° graus, Topo de morro e Altitudes superiores a 1,8 mil metros.

Em função dos valores encontrados obteve-se 3 gráficos com resultados preocupantes em relação a preservação das áreas destinadas à proteção legal. A primeira mostra a quantidade percentual de propriedades com pelo menos 20% de APP, O segundo refere-se ao percentual de propriedades com pelo menos 20% de vegetação e o último que chama atenção por obter apenas 39,6% das propriedades com APP vegetadas acima de 60%. Segue, respectivamente, nas Figuras 13 (A e B) e 14 os resultados gerados a partir do dimensionamento das áreas de preservação permanente.



**Figura 13.** (Esquerda) Relação das propriedades x APPs. (Direita) Relação das propriedades x Áreas vegetadas.

Fonte: Nunes, Fraga e Lima (2018).



**Figura 14.** Propriedades com distribuição das áreas vegetadas dentro dos limites de APP

Fonte: Nunes, Fraga e Lima (2018).

De acordo com o estudo feito por Evaristo Miranda no final de 2008, haveria muito pouco benefício para a produção agrícola se as Unidades de Conservação (UCs), Reservas Indígenas, Áreas de Reserva Legal (RL), Áreas de Preservação Permanente (APPs) e outras Unidades de Conservação fossem combinadas. Em dezembro de 2009, com o prazo estabelecido pelo Decreto 6.686/08, que estabelecia as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente e abria o processo administrativo federal para apuração destas infrações, se

aproximando e a comissão especial já trabalhando na criação do novo Código Florestal, o Presidente Lula assinou o Decreto nº 7.029/08, dando apoio à regularização Ambiental de Imóveis Rurais conhecido como programa “Mais Ambiente”, que prorrogou a vigência do decreto original até julho 2011, após a conclusão do seu mandato (RAJÃO, *et al.* 2021).

Um problema relacionado com a implementação do Código Florestal é a expansão da agricultura historicamente significativa em áreas que a lei designa como áreas de preservação permanente. Outro problema comum causado pelo desrespeito ao Código Florestal é a preservação permanente das áreas ciliares em propriedades de pequeno porte. De acordo com Nunes *et al.*, 2018, uma séria questão relacionada à aplicação do Código Florestal surgiu como resultado de recentes decisões de reforma agrícola. Muitas fazendas foram exploradas sem reserva legal, ou aquelas que foram condenadas receberam lotes sem reserva legal.

Alguns destes assentados estão impedidos de aceder ao crédito agrícola até cumprirem a lei. A maioria deles não tem a menor capacidade técnica ou financeira para fazê-lo. Antunes (2015) enfatiza que a maioria das propriedades tomadas pelo governo viola algum aspecto do Código Florestal, portanto, a licença só pode ser concedida quando a estratégia de recuperação ambiental for determinada e o INCRA pagar as taxas necessárias.

Assim, o custo e o ritmo das novas iniciativas de reforma agrícola também estão sendo impactados pela lei.

Como resultado, sabe-se que a imposição da lei pelo Estado resultará em mudanças significativas no atual padrão de produção rural, pois os produtores menores e menos abastados provavelmente não terão os recursos financeiros necessários para cumprir a lei e poderão se ver obrigados a vender seus imóveis a preços baseados na passividade ambiental criada pela lei (ANTUNES, 2015). Desta forma, quem adquirir um imóvel fora dos padrões ambientais terá que arcar com os custos associados.

Em contrapartida, nos últimos 10 anos, houve um aumento significativo da criação de Reservas Particulares de Patrimônio Natural (RPPNs), estas surgiram como alternativa privada para aumentar a quantidade em hectares de áreas protegidas e andam em consonância com os parâmetros de Reserva Legal e atribuições previstas em lei, ou seja, nenhum proprietário pode abrir o processo de criação desse tipo de UC sem cumprir a risca todos os requisitos estabelecidos (INEA, 2018).

Concluindo, a pressão por mudanças no Código Florestal está mais relacionada às dificuldades e custos associados à recuperação da passividade jurídica do que à necessidade de expansão das 16 fronteiras agrícolas. A questão dos ruralistas não é expandir suas áreas de produção, mas sim manter as áreas que já estão abertas e em produção.

### 3. Caracterização Geográfica da Área de Estudo

#### 3.1 A Bacia Hidrográfica do rio Piabanha

O Rio Piabanha faz parte da região Sudeste do Brasil, e é apropriado sua descrição espacial a partir de uma escala macro até a escala local da análise conduzida por essa dissertação. Nesse sentido, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos estabeleceu a divisão hidrográfica nacional em 12 macro regiões através da Resolução CNRH n° 32 de 15 de outubro de 2003 (BRASIL, 2003), representada na Figura 15.

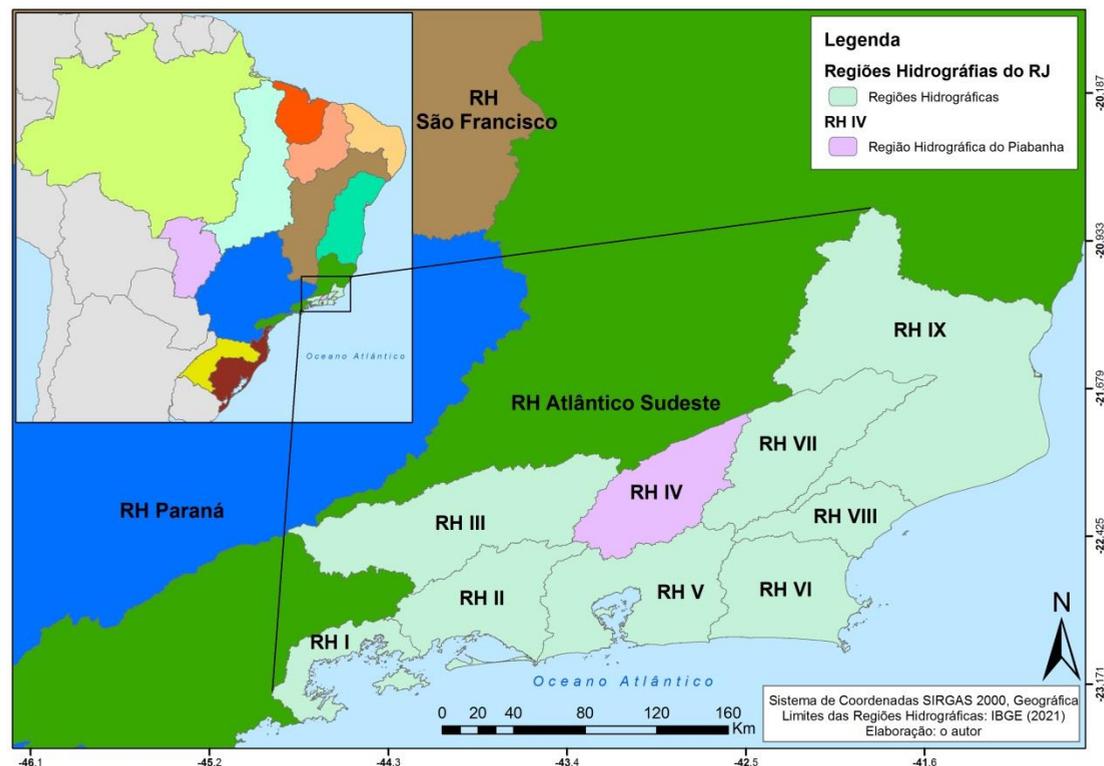


**Figura 15.** Mapa de Divisões Hidrográficas Nacionais.

**Fonte:** IBGE (2021)

A Região Hidrográfica do Atlântico Sudeste abrange 5 estados: Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Rio de Janeiro e Paraná, sendo a RH de maior densidade demográfica do país (JUNIOR, 2020). Apresenta, portanto, impreterível valor econômico para o país como um todo só de unir as duas maiores metrópoles Rio de Janeiro e São Paulo.

Indo especificamente para o território fluminense, a Resolução n° 107 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERHI-RJ), de 22 de maio de 2013 (RIO DE JANEIRO, 2013), também para fins de gestão e planejamento, dividiu o ERJ em nove Regiões Hidrográficas (RH), como representado na Figura 16.



**Figura 16.** Regiões Hidrográficas do ERJ.

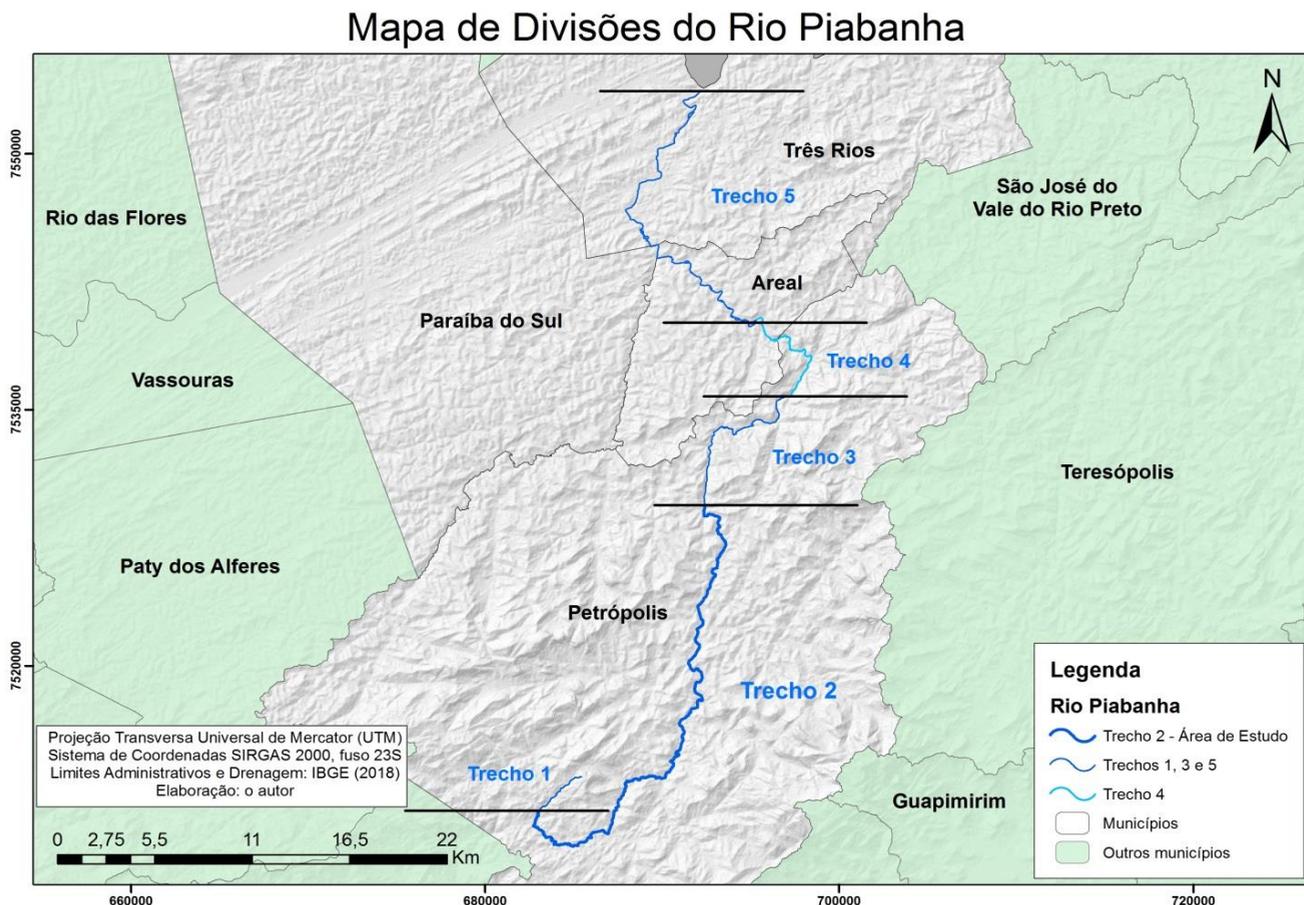
Fonte: IBGE (2021)

O recorte da região Hidrográfica IV – Bacia do Rio Piabanha – possui cerca de 3.460 km<sup>2</sup> sendo uma das grandes sub-bacias que alimenta o grande Rio Paraíba do Sul, sua extensão engloba os 7 municípios a seguir: Areal, Petrópolis, Teresópolis, São José do Vale do Rio Preto, Paty do Alferes, Paraíba do Sul e Três Rios (AGEVAP, 2017).

### 3.2 Descrição do trecho 2 do rio Piabanha

O Rio Piabanha, faz parte da Região Hidrográfica IV do Estado do Rio de Janeiro, Centro-Norte do território fluminense. Sua nascente é na Serra dos Órgãos ( $22^{\circ}28'58.07''S/43^{\circ}12'34.67''O$ ) e sua foz em Três Rios no Rio Paraíba do Sul ( $22^{\circ}6'38.85''S/43^{\circ}8'15.05''O$ ), (JUNIOR, 2020). O perímetro do rio passa por 4 municípios, respectivamente: Petrópolis, Areal, Paraíba do Sul e Três Rios.

De acordo com o memorial descritivo do INEA, o Rio Piabanha foi dividido em cinco trechos, considerando o grau de ocupação e antropização observados nas margens e em seu entorno imediato. Os trechos 1, 3 e 5 apresentam características de ocupação rarefeita ou moderada. Já os trechos 2 e 4 estão inseridos em área urbana consolidada, cabendo a aplicação do Decreto Estadual nº 42.356, de 16/03/2010. Tais divisões estão representadas na Figura 17.



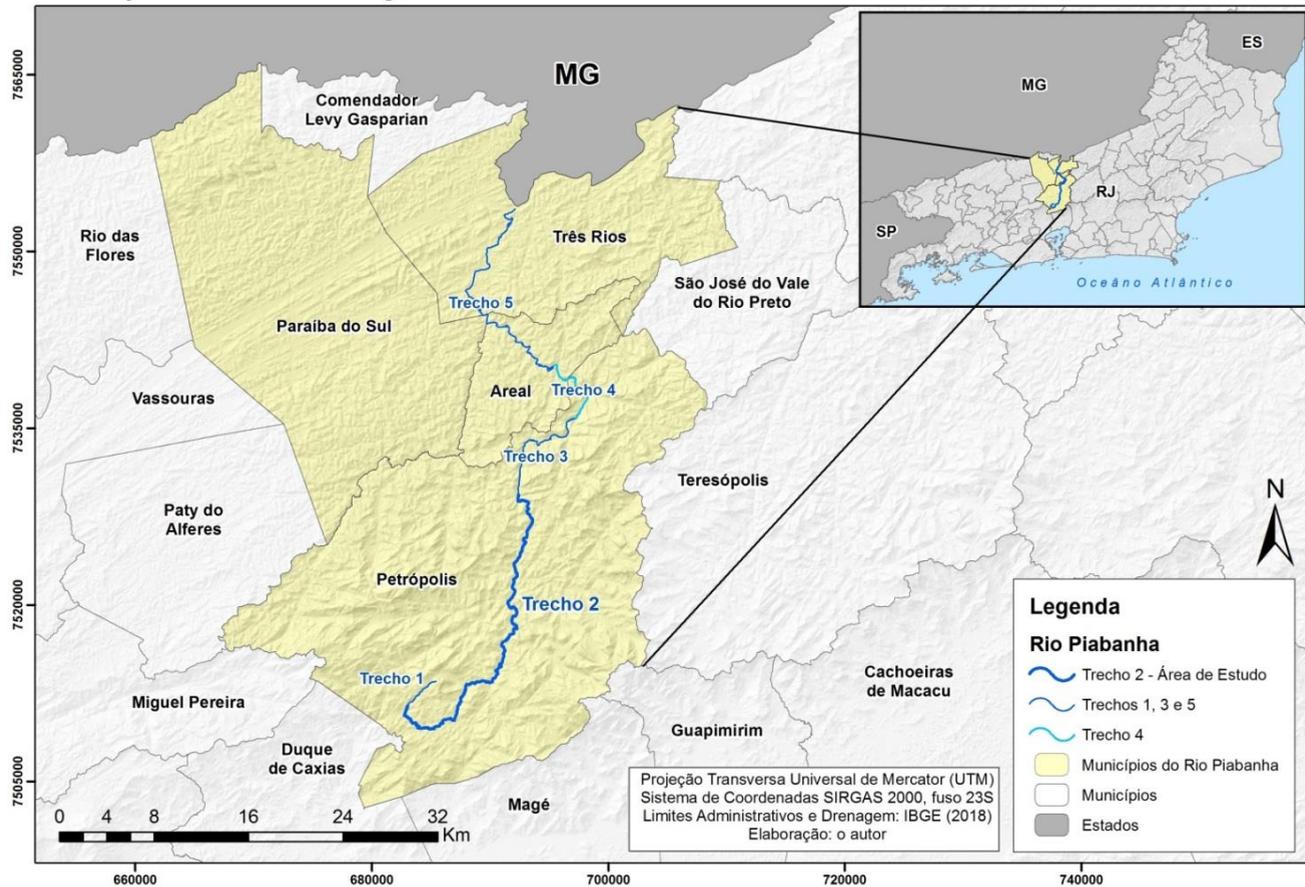
**Figura 17.** Mapa de Divisões do Rio Piabanha.

**Fonte:** IBGE (2018)

O Trecho 2, área de estudo dessa pesquisa, possui cerca de 34,5km de comprimento do início ao fim e é o maior trecho dos 5. A região é caracterizada pela presença de grandes

amplitudes altimétricas, entre 1.000 a 340 metros e está inserida no domínio de relevo de Serras e Morros (CPRM, 2010). Essa característica física da geomorfologia local corrobora com os fenômenos naturais que se apresentam no Rio Piabanha, uma vez que a drenagem e sua vazão são influenciadas diretamente pela declividade do relevo.

### Mapa de Localização da Área de Estudo - Rio Piabanha - Trecho 2

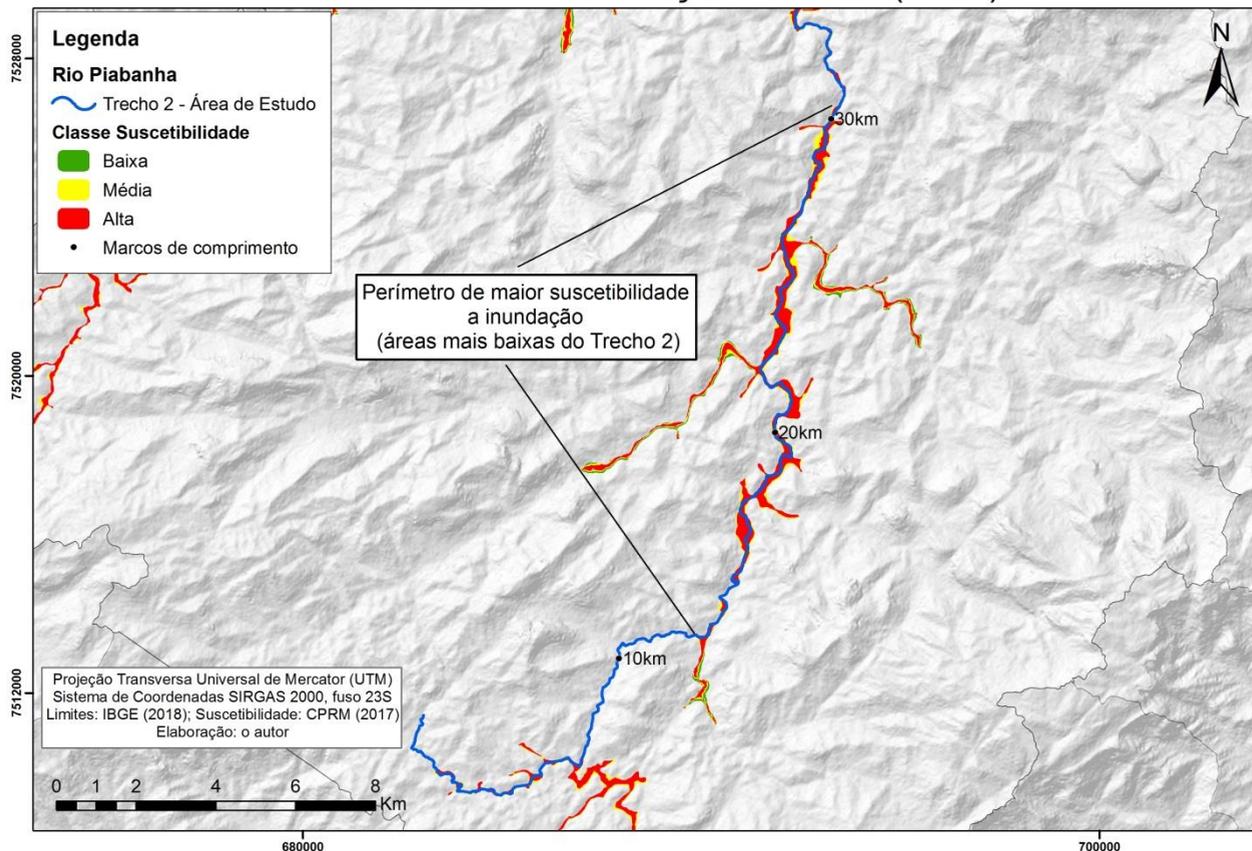


**Figura 18.** Mapa de Localização do Rio Piabanha.

**Fonte:** IBGE (2018)

Quando se trata de inundações essa região é conhecida por apresentar cheias consideráveis e ter seus rios com vazão alta a ponto de impactar construções de casas e até pontes presentes nas margens. Um estudo conduzido de Geodiversidade do ERJ demonstra exatamente esse aspecto com a Suscetibilidade à Inundação na área, Figura 19 (CPRM, 2017).

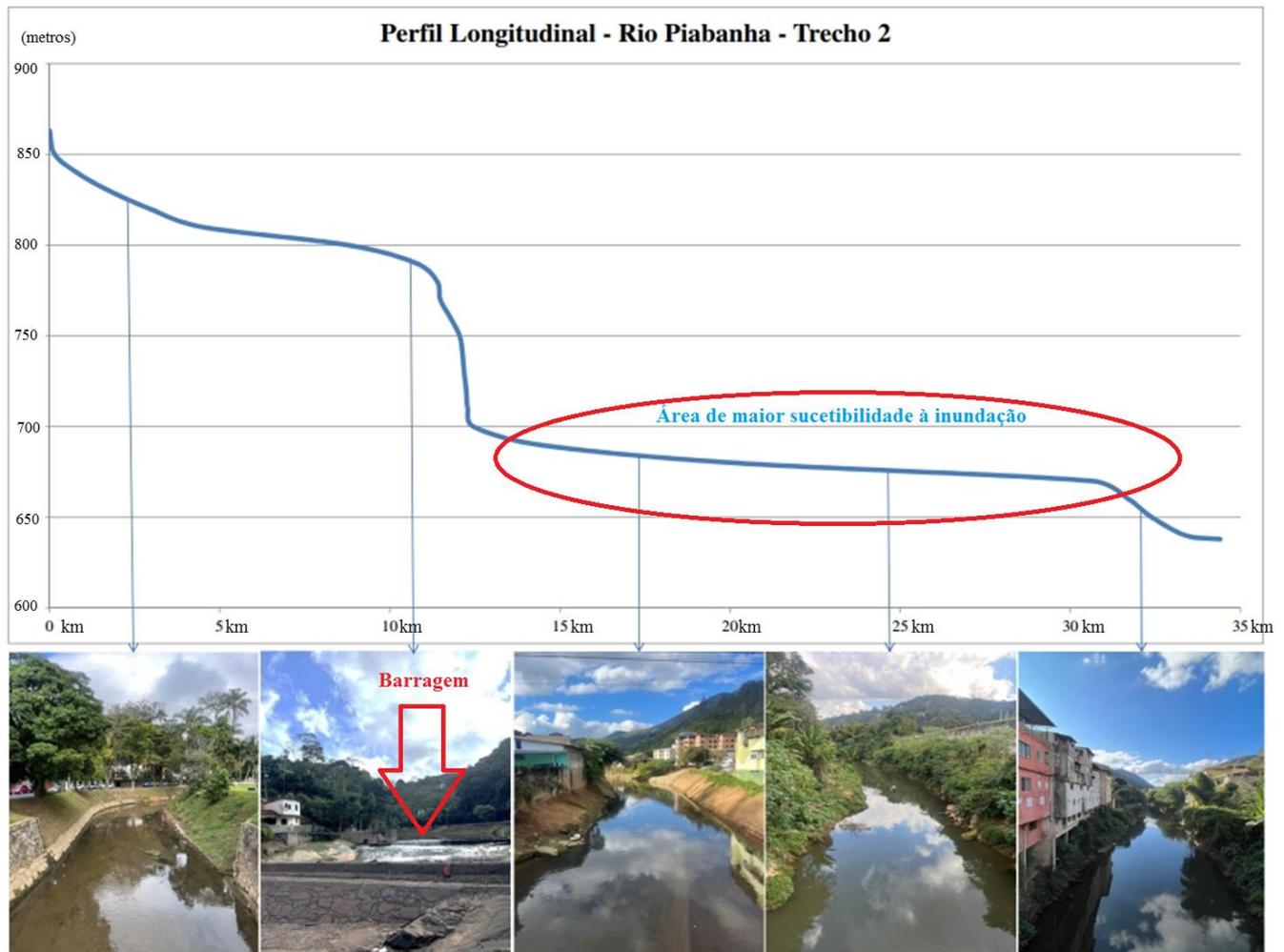
## Suscetibilidade a Inundação - CPRM (2017)



**Figura 19.** Suscetibilidade a Inundação, trecho 2, Rio Piabanha.

**Fonte:** CPRM (2017)

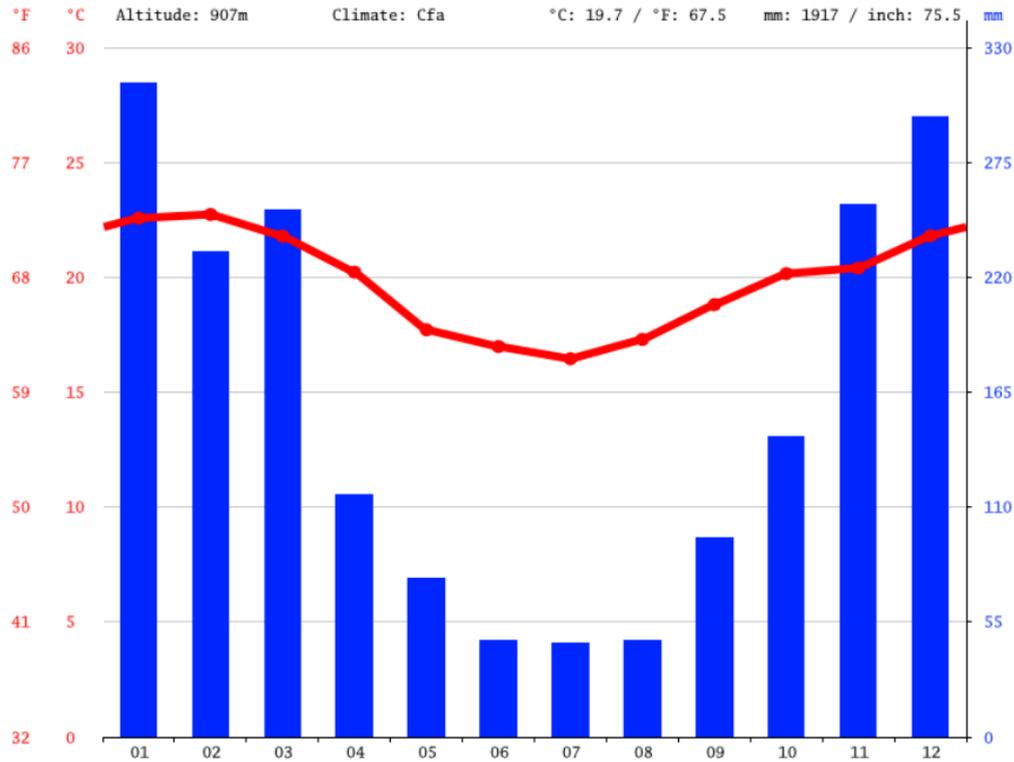
É notável que cerca de metade da extensão à jusante do trecho 2 do rio Piabanha possui alta ou média suscetibilidade de ocorrência de inundação, o que está atrelado ao fato desse rio estar situado em uma área de grande influência do relevo (serras escarpadas e grandes morros). Ou seja, o escoamento superficial se torna ainda mais expressivo e concentrado para dentro do sistema fluvial. De maneira complementar à informação, foi elaborado um perfil longitudinal da área de estudo para permitir a comparação entre os dados de inundação com os de altimetria do perímetro do trecho 2 (Figura 20).



**Figura 20:** Perfil Longitudinal do Rio Piabanha - Altimetria versus comprimento do trecho 2.

Fonte: IBGE (2018)

Com auxílio do perfil longitudinal apresentado é indicado que o segmento a partir de cerca de 12km é o de maior propensão à inundação, como expresso pelo estudo do CPRM, há uma questão altimétrica em ação (área baixa e pouca inclinação) somada a captação natural de tributários no decorrer da drenagem. À montante, primeiros 10km, a inclinação é maior, o que não contribui para o acúmulo de água, pelo contrário, é um segmento onde predomina a erosão e o transporte de sedimentos. Do ponto vista do relevo é possível explicitar que a maior cota altimétrica na área de estudo é de 863 metros e a menor cota é de 638 metros no fim do trecho. Portanto existe uma amplitude de 225 metros ao longo de todo o perímetro da drenagem. É importante mencionar que no ponto de maior variação altimétrica existe uma espécie de construção de barragem feita para conter o fluxo de vazão do Piabanha. A Figura 21 representa o climograma da quantidade de chuva anual na área de estudo.



**Figura 21.** Climograma de Petrópolis com a distribuição das chuvas ao longo dos meses do ano.

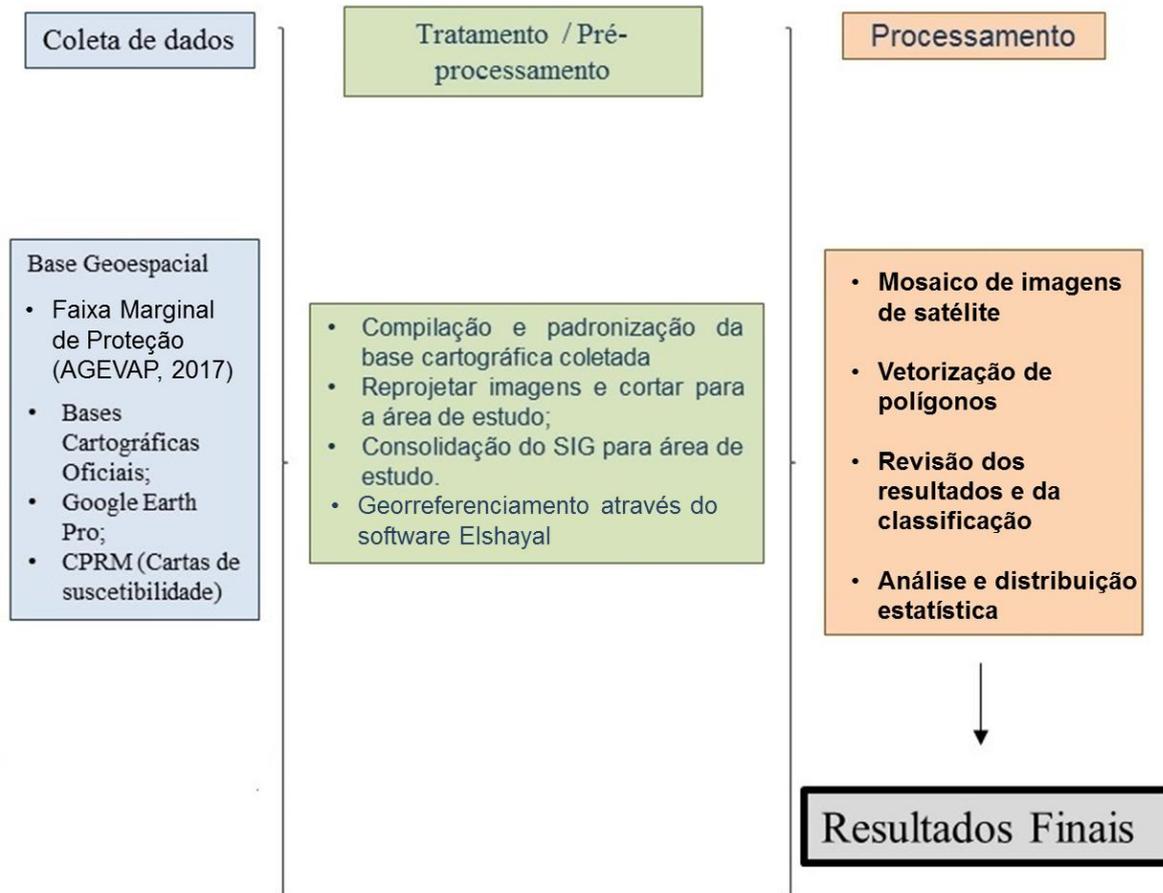
**Fonte:** Climate-Data 2021 (compilado histórico)

No climograma é discriminada a quantidade de milímetros de chuva e a temperatura média por mês do ano. Evidencia-se, portanto, que há uma clara concentração de vazão do Rio Piabanha em termos de sua drenagem em uma estação específica ao longo do ano. Apesar de haver precipitação o ano inteiro em quantidades moderadas (comparado a um regime semi-árido ou temperado), o fenômeno natural observa maior incidência nos 4 meses equivalentes a estação do Verão. Essa característica determina que enchentes, inundações e deslizamentos tendam a ocorrer com maior intensidade nessa mesma época.

#### **4. Procedimentos Metodológicos**

A presente dissertação está fundamentada dentro de seu nicho temático através de publicações e produções acadêmicas pretéritas. Faz uso de técnicas de geoprocessamento como meio de compreender como se materializa no espaço as normas previstas em lei relativas às FMPs. Para esta finalidade são apresentados mapeamentos legais da bacia do Rio Piabanha, em especial do curso d'água principal, traçando-se paralelos correspondentes à promulgação do Decreto Estadual 42.356/2010. A análise é conduzida no escopo legal especificado e possui o intuito de levantar os padrões paisagísticos ao longo de um intervalo de 15 anos na Faixa Marginal de Proteção do trecho 2 do Rio Piabanha (2006/2009, 2015 e 2021).

Foi utilizado como base para a análise o desenho técnico da Faixa Marginal de Proteção do Rio Piabanha elaborado pela Agência de Bacia (AGEVAP, 2017) do Comitê Piabanha, destaca-se que este foi feito a partir do memorial descritivo (coordenadas, seções e LMEO) definido pelo órgão ambiental estadual (INEA, 2015). O mapeamento foi feito em ambiente SIG na escala 1:10.000, somatório de delimitações oficiais, autorais e realização de trabalho de campo. De modo geral a pesquisa seguiu o fluxograma descrito através da Figura 22.



**Figura 22.** Fluxograma dos Procedimentos Metodológicos utilizados.

Concomitantemente foi utilizada para a caracterização da área de estudo (especificamente suas margens) a aquisição de Cartas de Suscetibilidade do instituto de Geologia (CPRM, 2017). A rede de drenagem local foi obtida da base cartográfica de referência para o Estado do Rio de Janeiro, projeto RJ25K (IBGE, 2018), presente na escala 1:25.000, e estes insumos serviram de subsídio para elaboração de todos os mapas temáticos. A quadro 7 evidencia a relação geral de escalas cartográficas utilizadas na dissertação.

Quadro 7: Escalas dos principais insumos de origem secundária

<b>Escalas Cartográficas dos insumos da pesquisa</b>	
Susceptibilidade a Inundações (CPRM, 2017)	1:50.000
Base Cartográfica RJ25 (IBGE, 2018)	1:25.000

Imagens de Satélite Georreferenciadas (Google Earth Imagery, 2006/2009/2015/2021)	1:10.000
Faixa Marginal de Proteção (AGEVAP, 2017)	1:3.000

O *Google Earth Imagery* foi escolhido como fonte das imagens de satélite utilizadas, e estas foram georreferenciadas com o auxílio do *software Elshayal*, para utilização em ambiente SIG. A documentação do software Google Earth explicita que são feitas mesclas com diferentes sensores para obter o resultado final, porém, quando se trata das imagens aproximadas em escala geográfica de 1:10.000, somente um sensor é usado para o território do ERJ, o fornecedor Maxar Technologies, Figura 23 (Google Earth Imagery, 2023).



**Figura 23.** Identificação da fonte do sensor das imagens de alta resolução. **Fonte:** Google Earth Imagery (2023), Fornecedor: Maxar Technologies

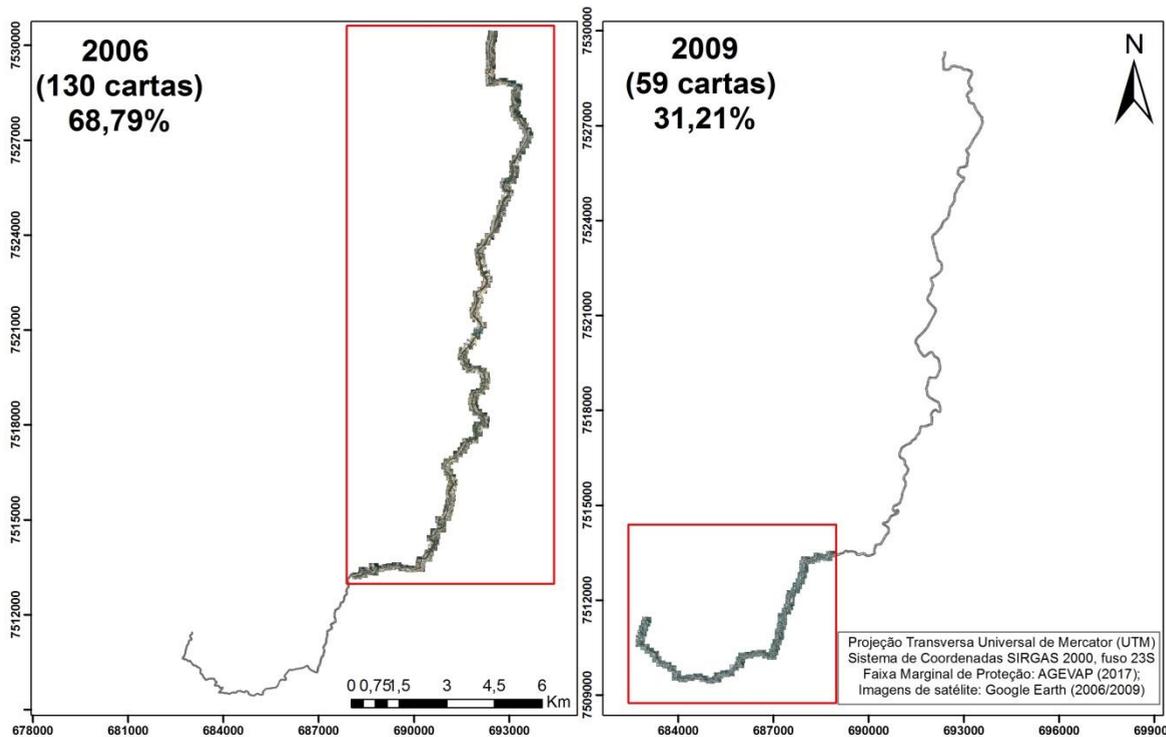
Nesse nível de escala, e utilizando o filtro de datas do ano as imagens são disponibilizadas por cartas inteiras, e muitas vezes com presença de nuvens. Portanto os critérios para escolha das datas para a análise foram os seguintes: 1) Imagem mais antiga disponível em alta resolução, 2) Ausência de nuvens na drenagem e FMP, e 3) Datas da mesma época do ano (mesma estação). Para o ponto INICIAL de análise foi necessária a realização de um mosaico dos anos de 2006 (68,79%) e 2009 (31,21%, equivalente as primeiras quilometragens do trecho 2) de maneira a evitar imagens onde nuvens estivessem bloqueando a FMP, dificultando a análise interpretativa. Nesse sentido a relação das datas

escolhidas está descrita no quadro 8 e a Figura 23 representa a distribuição das imagens de satélite utilizadas no ponto INICIAL. Os demais intervalos de tempo foram feitos integralmente dentro do período de análise estipulado no quadro 8.

Quadro 8: Relação das datas das imagens de satélite utilizadas.

	Mês	Ano
Ponto INICIAL	Agosto	2006/2009
Ponto MÉDIO	Julho e Agosto	2015
Ponto FINAL	Julho e Agosto	2021

Distribuição das Imagens de Satélite do Ponto INICIAL



**Figura 23:** Distribuição das Imagens de Satélite do Ponto INICIAL. Fonte: Google Earth Imagery

As classes de Uso e Cobertura adotadas foram as seguintes: Construção, Vegetação, Campo/Solo Exposto e Água. Tais classes foram identificadas por meio da técnica de fotointerpretação para, sequencialmente, serem vetorizadas em ambiente SIG. A classe de água é a mesma para os 3 intervalos de tempo, ou seja, constante nesse recorte temporal e,

portanto, não impacta nas comparações, apenas representa visualmente a área ativa do corpo hídrico do Rio Piabanha e o encontro com seus tributários.

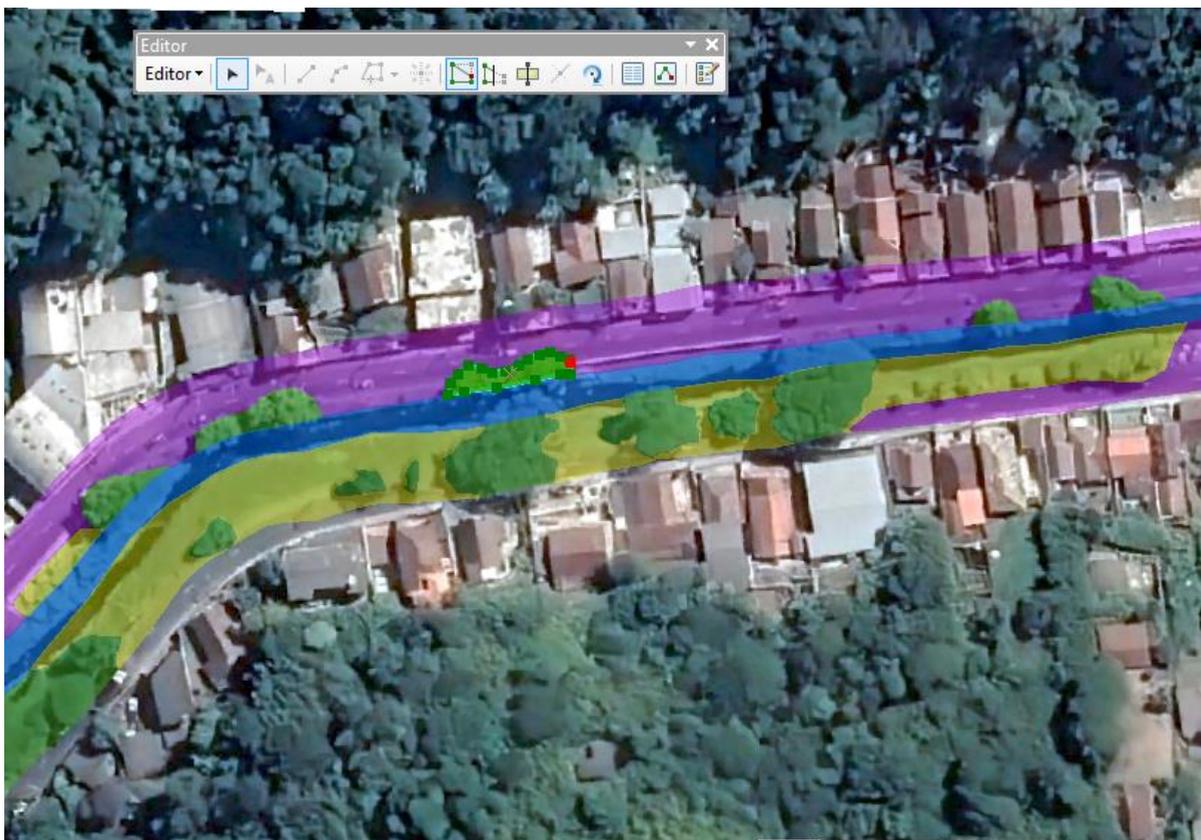
Quadro 9: Classes de Uso e Cobertura adotadas e suas definições para fotointerpretação.

Classe	Descrição	Exemplo de Imagem
<b>Construção</b>	Estradas, casas e ou indústrias de origem antrópica. Altas variabilidades de cor dependendo do material de confecção, se apresentam de forma geométrica no espaço	
<b>Vegetação</b>	Vegetação arbórea, copas de árvores e matas ciliares de estágio de crescimento avançado. Possuem cor verde escura e textura grossa.	
<b>Campo/Solo Exposto</b>	Áreas de pastagem ou sem vegetação (ex: clareiras e vegetação arbustiva/gramínea) sem construção antrópica. Possuem cor verde claro ou alaranjado e textura lisa.	
<b>Água</b>	Corpos hídricos permanentes com largura superior a 2 metros. Definidos pela Linha Média de Enchentes Ordinárias (AGEVAP, 2017)	

Para confecção dos resultados finais as camadas, posteriores a classificação, foram sobrepostas utilizando a ferramenta de geoprocessamento ‘*Combine*’, no intuito de permitir a comparação estatística entre cada data e mensurar a quantidade, em metros quadrados (m<sup>2</sup>), de áreas que sofreram alteração. Foi utilizada a data inicial (2006/2009) versus a data final (2021) para obter o resultado de mudanças total, e as estatísticas e representações dos dados foram feitas através da utilização do pacote Office (Excel e Power point).

Foi adotado o sistema de Coordenadas (SIRGAS 2000 UTM, fuso 23S), como padrão para a pesquisa, e, portanto, todas as informações geoespaciais foram recortadas para o município de interesse (Petrópolis) e reprojctadas no *datum* especificado.

Na etapa de fotointerpretação foi feita a vetorização das classes em polígonos vetoriais usando critérios em termos de cor, textura e predominância nos trechos, a Figura 24 mostra como os polígonos foram feitos no *software ArcGIS 10.3*.



**Figura 24:** Vetorização dos polígonos na interface do software ArcGIS.

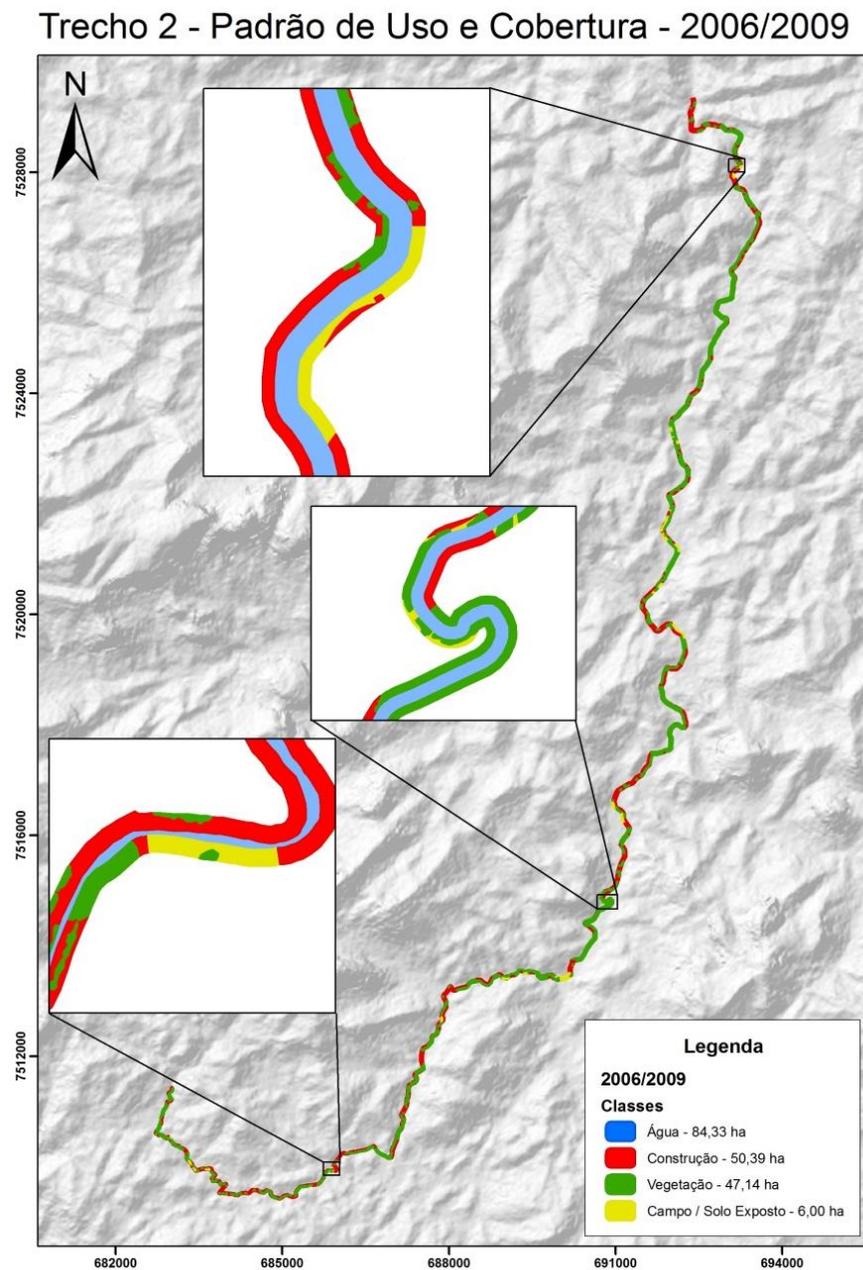
A alternativa metodológica a essa técnica de vetorização seria a classificação supervisionada da imagem de satélite. Esta é feita após a seleção de amostras equivalentes a cada uma das 4 classes para a ferramenta segmentar a imagem com limites automáticos,

entretanto, os resultados dessa operação muitas vezes apresenta Falsos-positivos (erros de classificação), isto ocorre por exemplo com classes como a Construída, que apresentam diferentes respostas espectrais pela diversidade de materiais utilizados para a construção, ou seja, o algoritmo tem dificuldades de identificar um padrão e isto por fim prejudica os resultados finais. Portanto, foi escolhida a abordagem da vetorização ao invés de uma classificação supervisionada por três motivos principais: 1) A alta presença de Falsos-positivos na classificação automática, 2) A fragmentação de áreas urbanizadas já que sua resposta espectral varia de acordo com o material de construção usado, e 3) A metodologia equivale à adotada por Junior (2020), trabalho do mesmo escopo que este, permitindo a comparação entre os resultados.

Por fim, foi realizada uma expedição em campo no mês de junho/2023 dentro da proposta de levantar registros *in loco* que possibilitassem a exemplificação dos resultados apresentados pela dissertação, além de servir como termômetro de políticas públicas em ação quando se trata da área protegida.

## 5. Resultados e Discussões

Foram identificadas as mudanças paisagísticas ao longo da Faixa Marginal de Proteção (FMP – 15 metros) do Rio Piabanha, trecho 2. Os intervalos foram três ao todo: 1º – marco inicial (2006/2009); 2º – marco intermediário (2015) e; 3º - marco final (2021). Os resultados da análise de Uso e Cobertura demonstraram a evolução das classes: Construção, Solo Exposto/Campo e Vegetação ao longo do tempo, como pode ser identificado através da Figura 25, 26 e 27.



**Figura 25.** Padrão de Uso e Cobertura ao longo do Rio Piabanha – Trecho 2 – 2006/2009

Elaboração: o Autor.

## Trecho 2 - Padrão de Uso e Cobertura - 2015

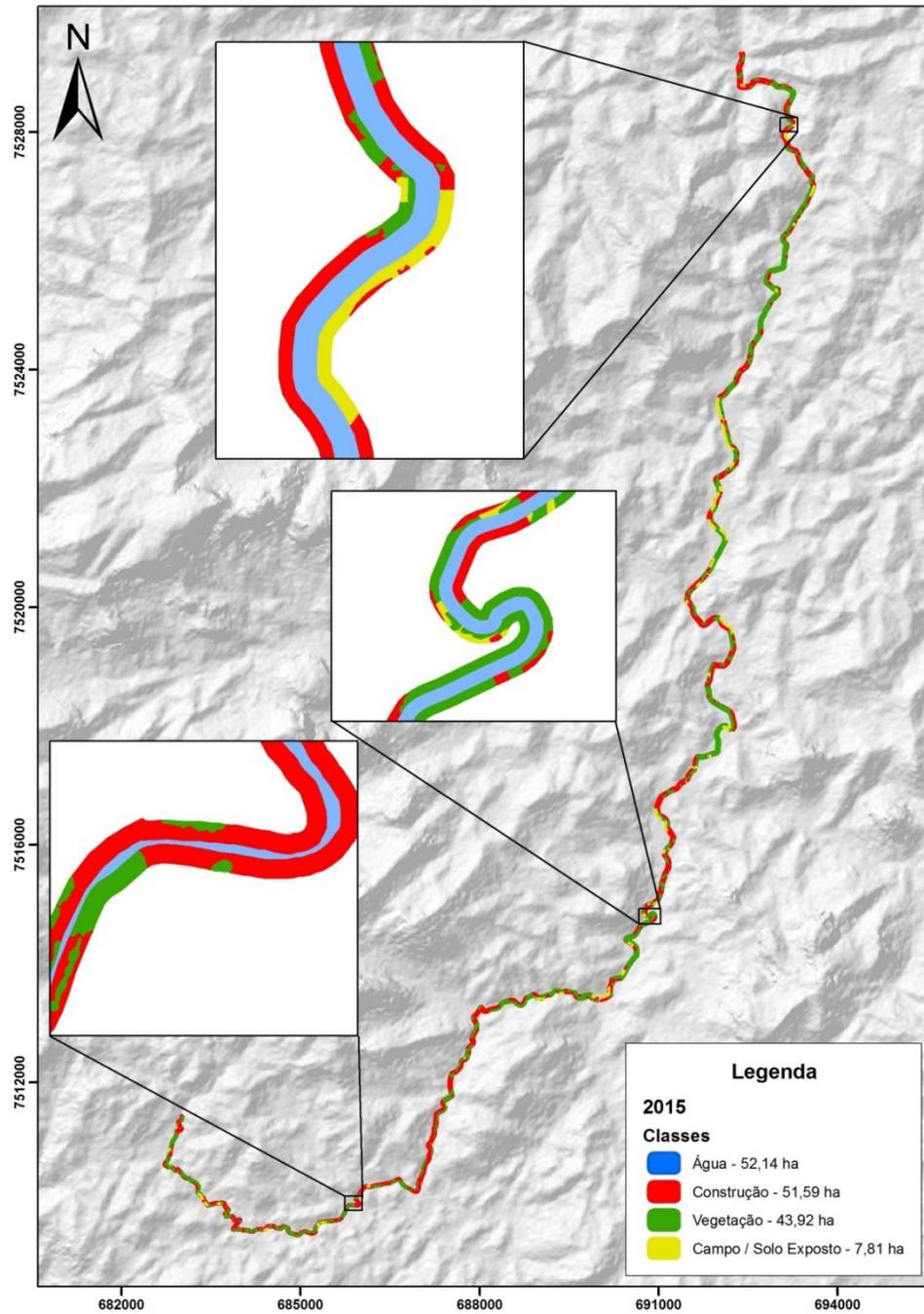
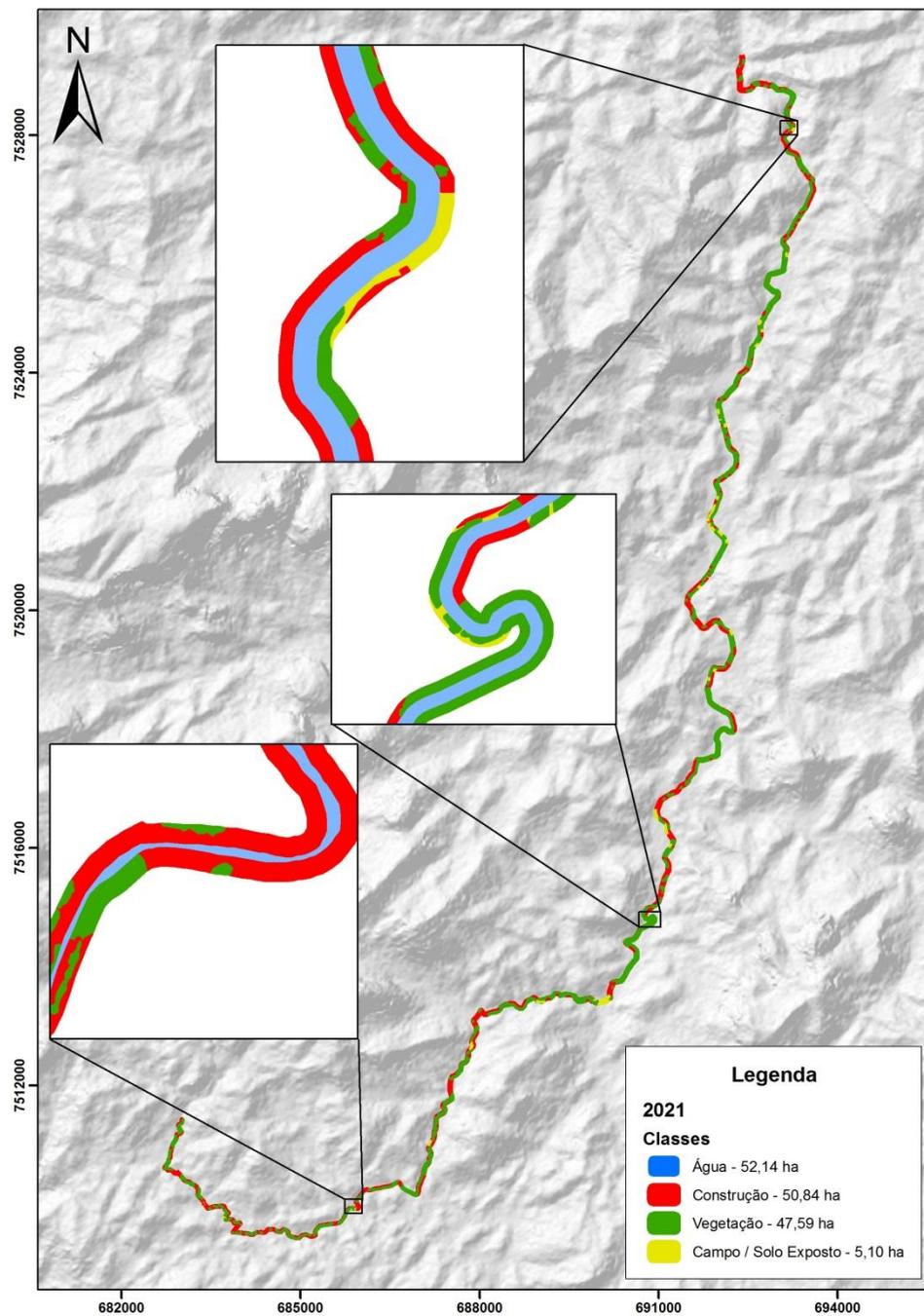


Figura 27. Padrão de Uso e Cobertura ao longo do Rio Piabanha – Trecho 2 – 2015

Elaboração: o Autor.

## Trecho 2 - Padrão de Uso e Cobertura - 2021



**Figura 26.** Padrão de Uso e Cobertura ao longo do Rio Piabanha – Trecho 2 – 2021

Elaboração: o Autor.

A área da FMP soma 103,2 hectares ao todo, de um modo geral a área de estudo é caracterizada por apresentar cerca de 50% de sua extensão como área urbana residencial e/ou industrial, porém foi possível identificar um número constante de vegetação natural ao longo

dos 34km de FMP. Essa distribuição de valores pode ser visualizada na tabela 2, onde nota-se o valor mais alto em termos de quantidade de área natural como relativo ao ano de 2021.

Tabela 2: Comparação dos valores de Uso e Cobertura em hectares, por ano.

<b>Classe</b>	<b>2006/2009</b>	<b>2015</b>	<b>2021</b>
Construção	50,39	<b>51,59</b>	51,04
Vegetação	47,14	43,92	<b>47,39</b>
Campo/Solo Exposto	6	<b>7,81</b>	5,1

Fonte: o Autor.

## 5.2 Infraestrutura e dinâmica anual de chuva em Petrópolis

Buscando reunir os motivos pelos quais a distribuição de mudanças paisagísticas se deu na pesquisa, é importante utilizar o regime de chuvas, apresentado na caracterização da área de estudo, e também suas consequências em Petrópolis como um termômetro do grau de conservação em que a FMP do rio Piabanha se encontra. A Figura 28 apresenta um cenário após um grande evento de chuva no ano de 2022, especificamente em Fevereiro (estação do verão).

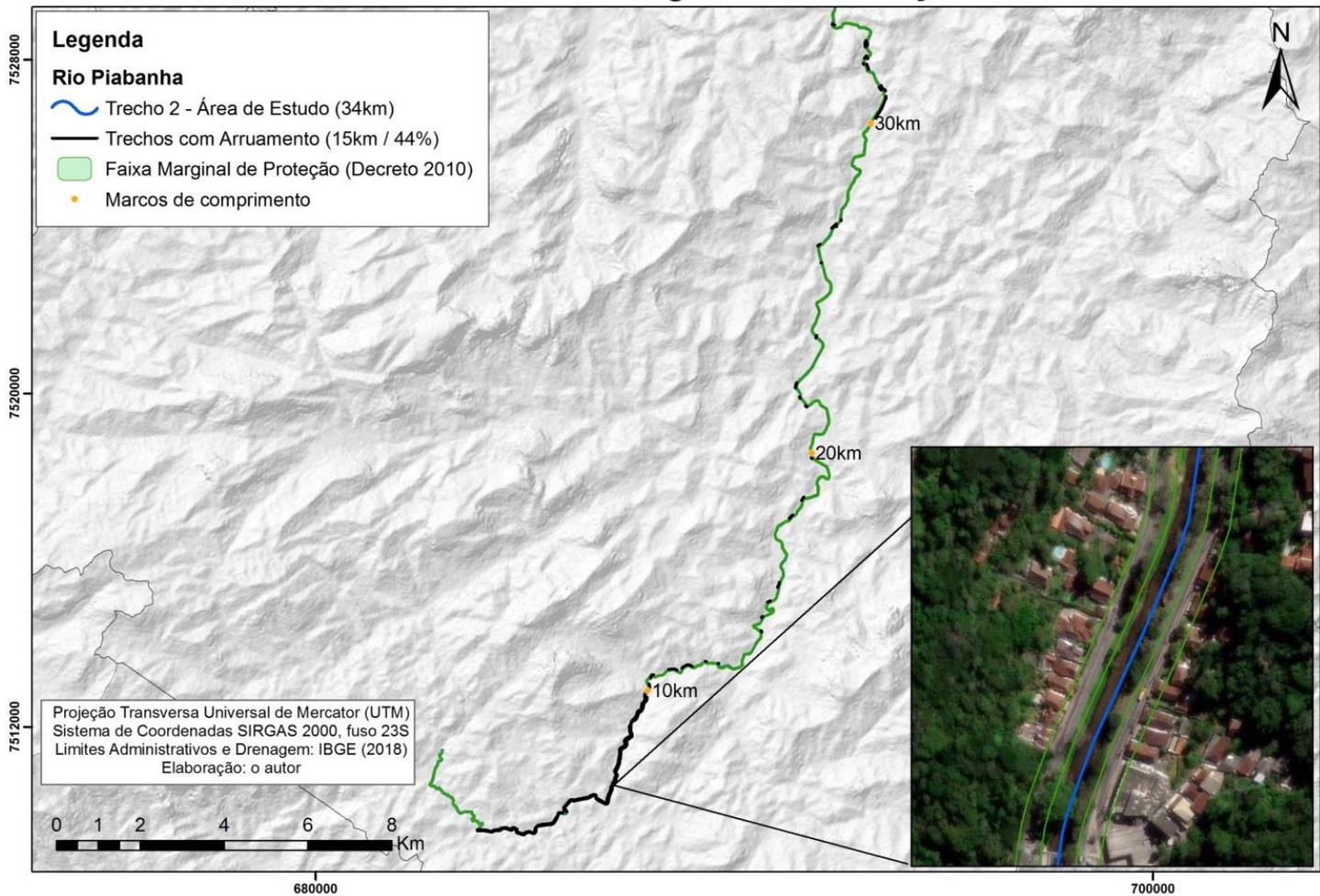


**Figura 28.** Cenário da calha do rio Piabanhas após evento de chuva no dia 16/02/2022, -  
Petrópolis **Fonte:** O Globo (G1)

Nessa data foi identificado um momento no qual o Rio Piabanha excedeu sua calha principal, extravasando a drenagem em sua planície fluvial, em função de um maior volume de precipitação, característica comum durante a Estação Verão no ERJ. Em determinados locais o fluxo de água alcançou construções, casas e ruas como pode ser visualizado na Figura 28. Esse fenômeno, apesar de natural, varia em frequência e magnitude de tempos em tempos.

As imagens mostram como o fenômeno da inundação afeta a cidade de Petrópolis, cobrindo as vias terrestres com água e lama, sendo capaz até de movimentar carros estacionados causando prejuízo a infraestrutura de residências e fluxo comum da zona urbana. Durante a análise da base espacial da área de estudo foi identificados diversos arruamentos e rodovias construídas às margens do rio Piabanha, esses segmentos compreendem uma vegetação suprimida, além de representar uma faixa impermeável que propicia a percolação da água de maneira superficial. São cerca de 15km do total de 34km de extensão do canal que estradas são observadas exatamente ao longo da Faixa Marginal de 15 metros prevista por lei, o que representa 44% do comprimento do canal como pode ser visualizado através da Figura 29.

## Arruamentos dentro da Faixa Marginal de Proteção - Rio Piabanha

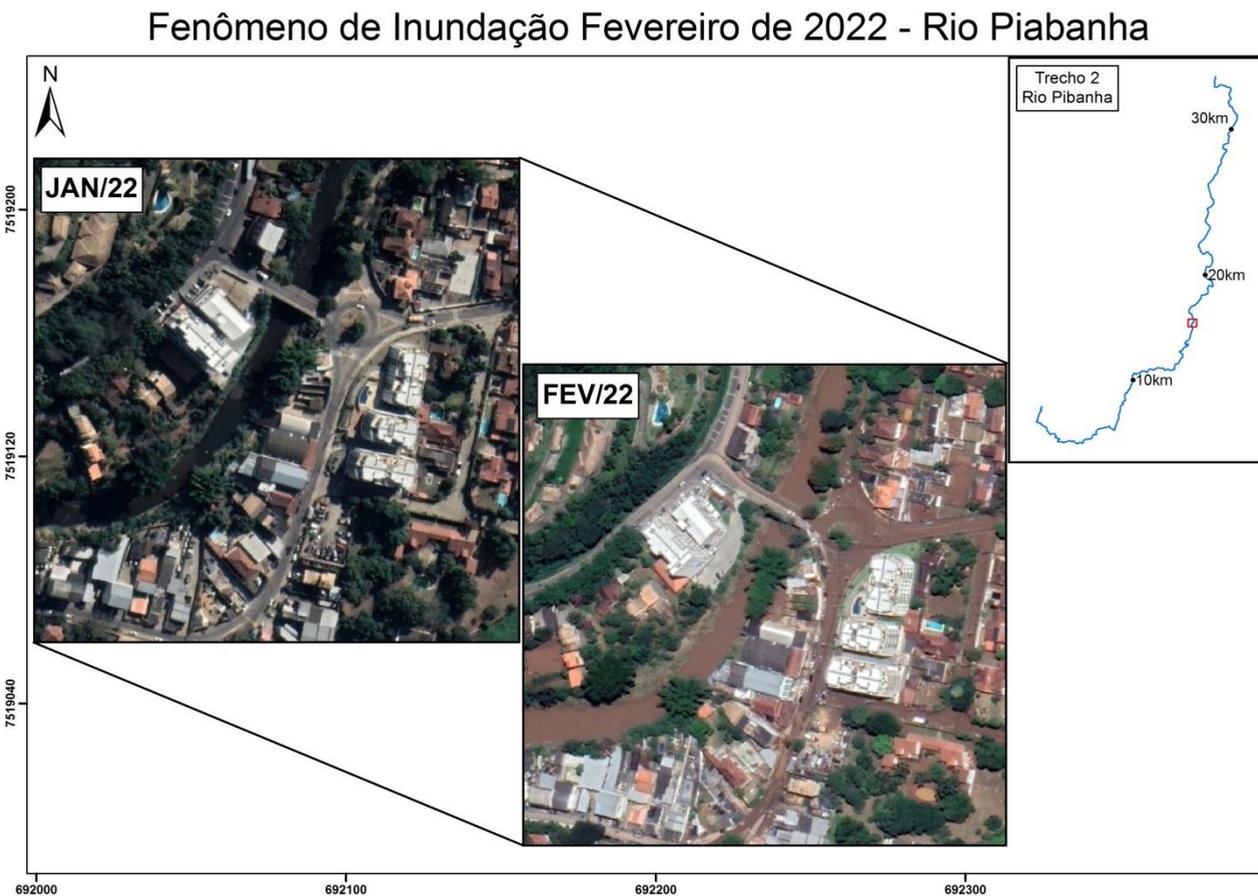


**Figura 29.** Mapa de arruamentos nas FMPs do Trecho 2 do Rio Piabanha. Fonte: IBGE (2018)

Tal característica somada à alta força física das chuvas concentradas no verão promove situações nas quais veículos se encontram suscetíveis a serem carreados pelo fluxo d'água, como é o caso das Figuras 28 e 30. Um exemplo de caso fora da curva do padrão anual pode rapidamente ser exemplificado pelo ano de 2011 na Região Serrana no ERJ onde o volume de chuvas foi maior que o esperado durante muitos dias consecutivos, gerando um cenário de inundações e deslizamentos de terra por uma boa parcela de áreas urbanas e rurais da região (NETTO, 2012). Esse fator é preocupante do ponto de vista de gestão local e a FMP, como mencionada anteriormente, é uma ferramenta essencial para a mitigação da magnitude dos fenômenos naturais.

Da maneira como a distribuição de classes urbanizadas se expressa, mais da metade da área do trecho 2 do rio Piabanha se encontra pouco permeável, potencia o escoamento

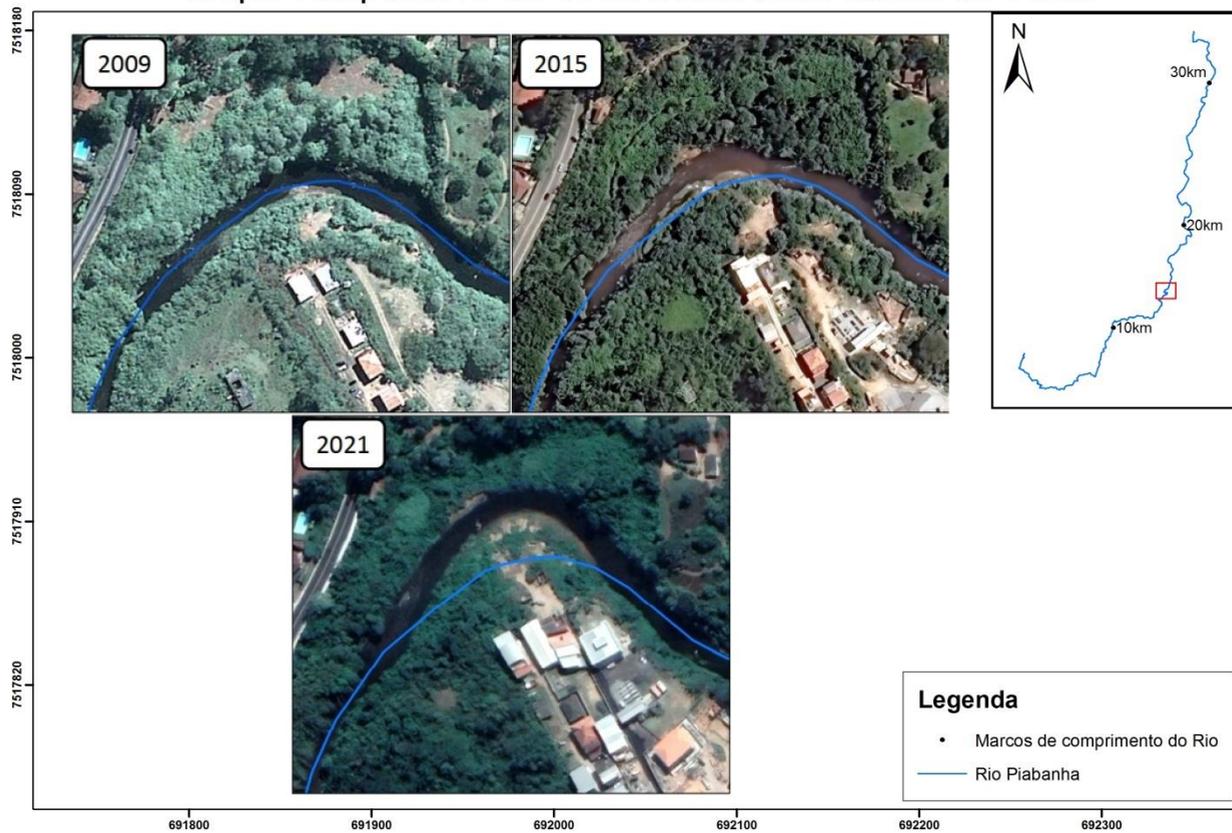
superficial e não possui barreiras naturais suficientes que impeçam uma quantidade expressiva de sedimentos serem carreados diretamente pra dentro da calha fluvial. Essas considerações são úteis especialmente no direcionamento de ações práticas que os agentes públicos e privados podem tomar no sentido diminuir danos dos fenômenos naturais associados aos rios, a Figura 30 representa a visão de cima do evento de inundação em Fevereiro de 2022 na área de estudo.



**Figura 30.** Imagens de satélite antes e depois da enchente de Fevereiro de 2022, chama-se atenção a turbidez do fluxo d'água bem como ruas inundadas principalmente à margem direita do Piabanha. **Fonte:** Google Earth Imagery (2022)

A Figura 31 também exemplifica a capacidade dos rios de carrear sedimentos desde suas nascentes em direção jusante, esse processo conhecido como erosão é de origem geomorfológica e está associado à degradação constante de rochas matriz. A questão é que não são apenas as rochas presentes nas Serras (e ao longo da drenagem) que são erodidas, há também a degradação das margens dos rios, nos chamados bancos, criando-se uma evolução lateral dos canais fluviais.

### Mapa comparativo do desenvolvimento lateral do canal



**Figura 31.** Comparação de um recorte do Rio Piabanha em um intervalo de menos de 10 anos. Chama-se atenção ao processo de erosão de uma margem acompanhada de deposição (crescimento) da outra. Elaboração: o Autor

Tal característica do comportamento geomorfológico dos canais fluviais gera um dilema quanto à delimitação de áreas protegidas em caráter permanente nas margens dos rios (FMP), uma vez que há um desenvolvimento constante de onde o canal se situa e, portanto, o marco de sua Linha Média das Enchentes Ordinárias (LMEO). Somado a isso é natural também que as construções existentes nas margens do Rio Piabanha estejam suscetíveis a serem afetadas pela mesma mudança natural do curso do canal principal, casas como as representadas na Figura 32 final do trecho 2, são alarmantes tendo em vista a velocidade na qual as margens se desenvolvem.



**Figura 32.** Construções irregulares às margens do Rio Piabanha – próximo ao final do trecho 2.

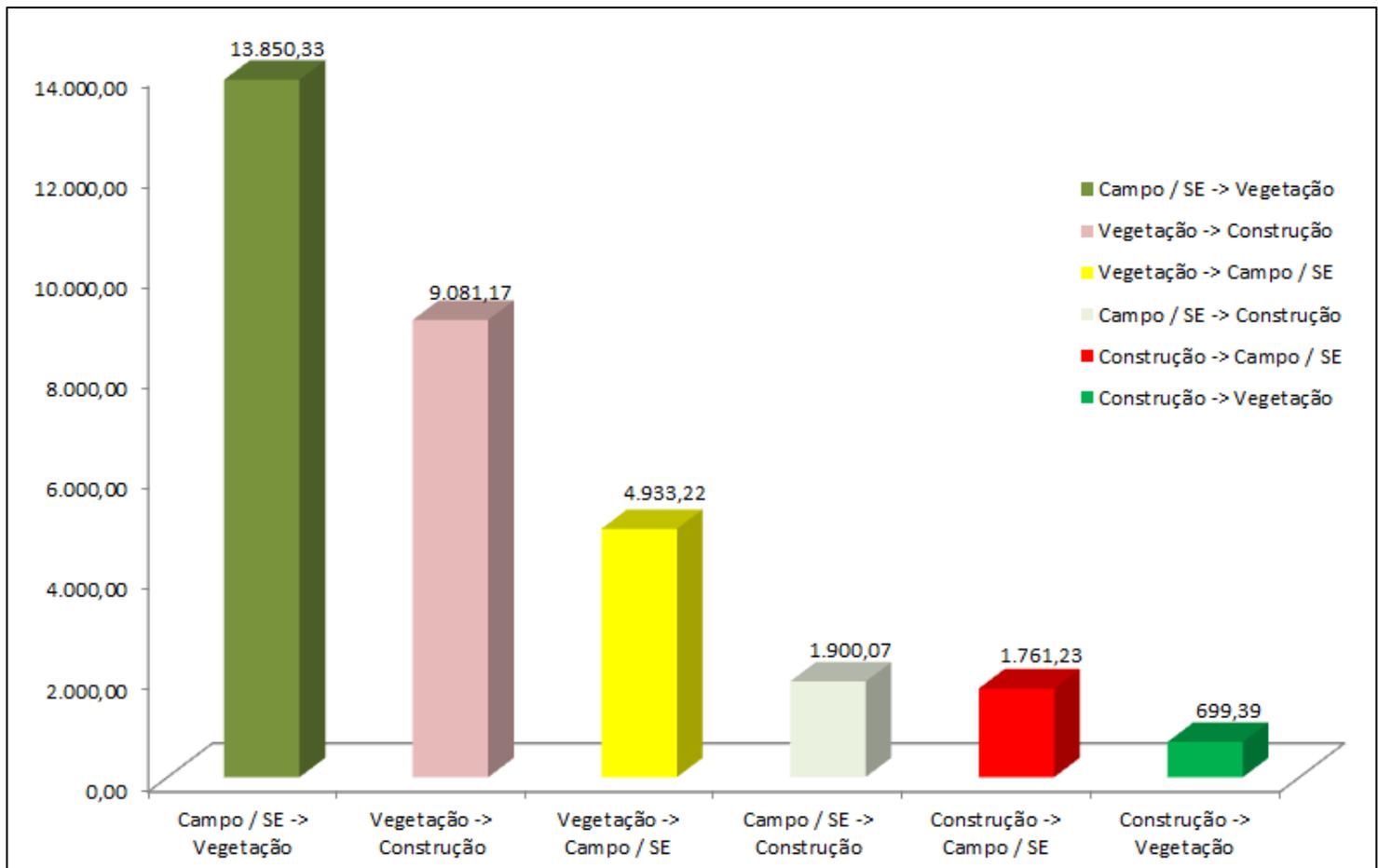
**Fonte:** o Autor

Nesses distritos especificamente onde existem residências praticamente ribeirinhas na FMP do Rio Piabanha permeiam-se um espaço para avaliar a segurança de quem reside próximo demais do canal fluvial a fim de reaver a vegetação nativa.

### 5.1 Mudanças de Padrão de Uso e Cobertura

O detalhamento das mudanças de classes ao longo do marco inicial (2006/2009) e final (2021) da análise foi feito através da sobreposição das camadas de Uso e Cobertura e posterior cálculo, em metros quadrados para identificar as principais alterações (Figura 33 e Tabela 2).

Ao todo 32.225,42 metros quadrados alteraram de classe dentro do intervalo de tempo de cerca de 15 anos na área de estudo. Deste montante total, 45,1% se referem às mudanças das classes de ‘Campo/Solo Exposto’ e ‘Construção’ para a classe de ‘Vegetação’, ou seja, crescimento da mata ciliar onde antes havia vegetação de menor porte. Em contraposição 34,07% da mudança identificada foi referente à transição das classes de ‘Vegetação’ e ‘Campo/Solo Exposto’ para ‘Construção’, ou seja, ocupação ou industrialização desses trechos. Somado a isto outros 4.933 metros quadrados de ‘Vegetação’ se tornaram ‘Campo/Solo Exposto’ alcançando, portanto, um total de 49,37% de degradação de áreas naturais identificadas.



**Figura 33.** Gráfico de barras da dispersão de valores em área (metros quadrados – m<sup>2</sup>) – comparativo 2006/2009 e 2021.

A seguir foi feito exemplificado cada uma das mudanças de classe apresentadas acima pela estatística geral, começando com a alteração de ‘Construção’ para ‘Vegetação’, Figura 34.

### Construção para Vegetação - 669,54 m<sup>2</sup>



**Figura 34.** Mudança de classes entre Ponto INICIAL e Ponto FINAL – ‘Construção’ para ‘Vegetação’.

Esta classe por sua vez é que menos foi observada durante a análise e soma um total de 2% das mudanças levantadas no trecho 2 do rio Piabanha. Ela se refere a construções onde houve espaço para o desenvolvimento de árvores de maneira a formar copas próximas umas das outras de maneira que sua classificação encaixasse enquanto ‘Vegetação’ segundo os parâmetros estabelecidos nos procedimentos metodológicos.

De maneira inversa ao apresentado até então, as Figuras 35 e 36 apresentam exemplos de degradação onde classes de ‘Campo/SE’ e ‘Vegetação’ são substituídas por ‘Construção’ no ano de 2021.

Campo/SE para Construção - 214,06 m<sup>2</sup>Vegetação para Construção - 394,98 m<sup>2</sup>

**Figuras 35 e 36.** Mudança de classes entre Ponto INICIAL e Ponto FINAL – ‘Campo/SE’ para ‘Construção’ e ‘Vegetação’ para ‘Construção’.

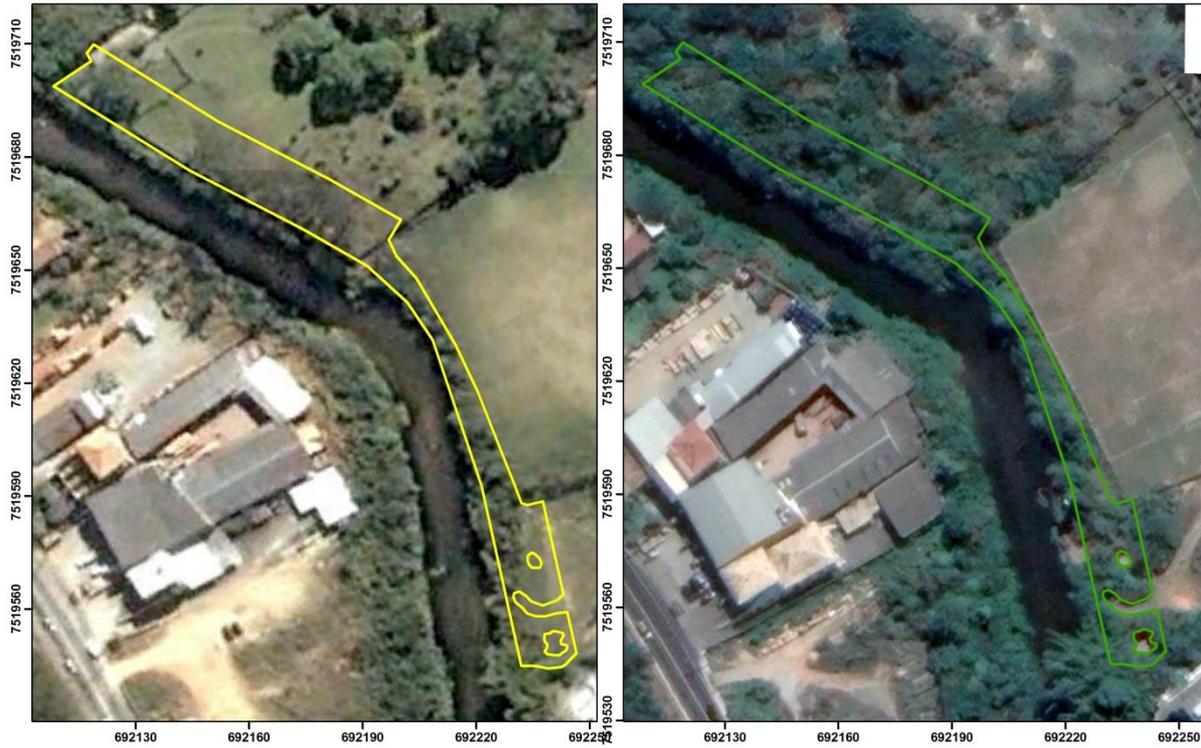
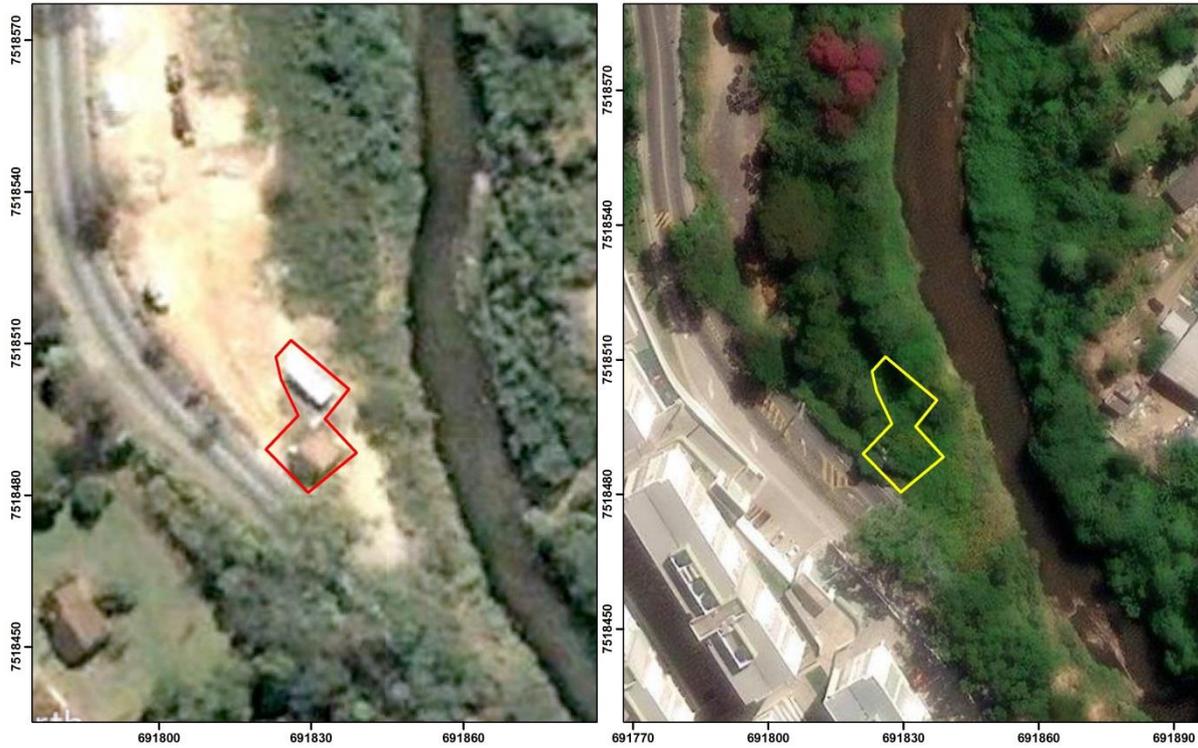
Alterações acima observadas foram levantadas na pesquisa respectivamente como: 6% e 28% sendo ambas equivalentes à degradação de áreas naturais dando espaço para residências, indústrias e ou arruamentos. De maneira semelhante, a Figura 37 demonstra um exemplo de mudança da classe ‘Vegetação’ dando lugar a ‘Campo/SE’ o que também corrobora com a degradação e sendo esta mudança equivalente a 15% do total.

### Vegetação para Campo/SE - 357,54 m<sup>2</sup>



**Figura 37.** Mudança de classes entre Ponto INICIAL e Ponto FINAL – ‘Vegetação’ para ‘Campo/SE’.

A maior classe de mudança observada foi de ‘Campo/SE’ para ‘Vegetação’, sendo responsável por 43% do total identificado, essa alteração é vista como positiva uma vez que há retomada e crescimento de árvores na FMP entretanto não é possível, pelo menos dentro do alcance desta análise, reconhecer a qualidade ecológica dessa flora, do ponto de vista taxonômico, as Figuras 38 demonstra o antes e depois.

Campo/Solo Exposto para Vegetação - 2.481,50 m<sup>2</sup>Construção para Campo/SE - 274,02 m<sup>2</sup>

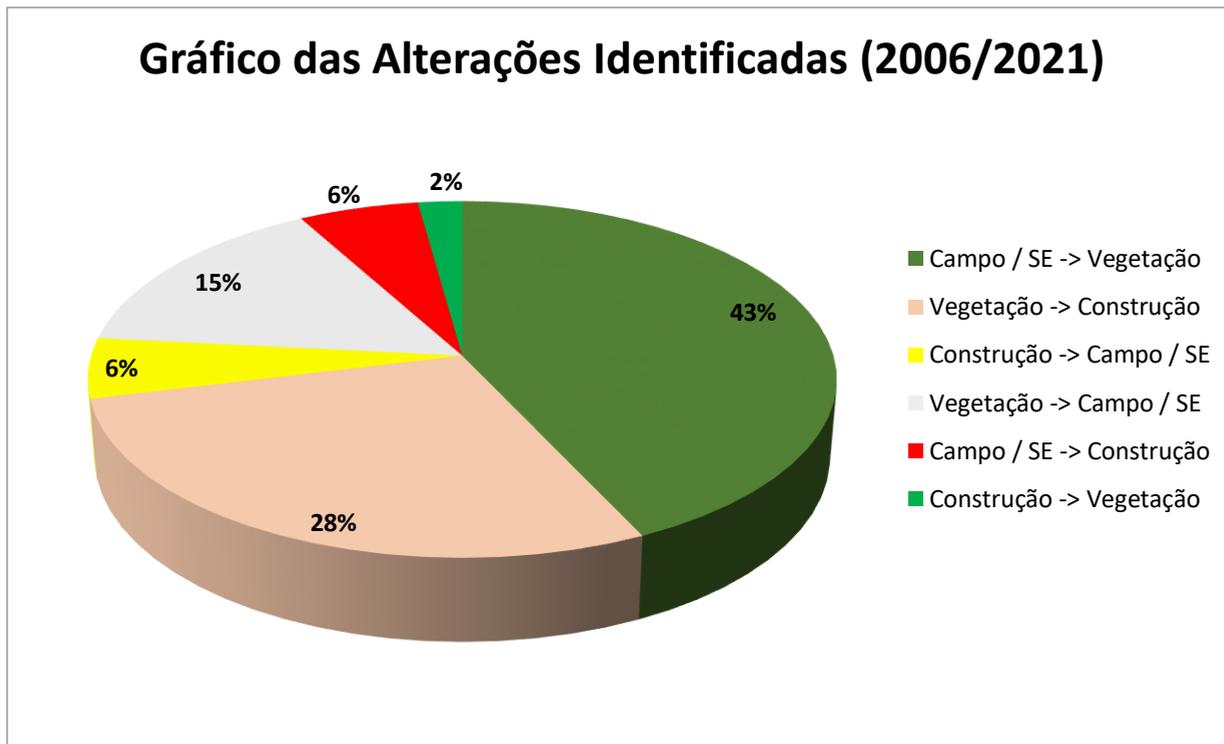
**Figura 38 e 39.** Mudança de classes entre Ponto INICIAL e Ponto FINAL – ‘Campo/SE’ para ‘Vegetação’ e ‘Construção’ pra ‘Campo/SE’.

Por fim, a última classe se trata da alteração entre ‘Construção’ para ‘Campo/SE’ e representou 6% do total. Parte-se do indicativo que algumas residências pontuais, por motivos não aprofundados nesta análise, foram removidas dando espaço para a vegetação crescer de maneira arbustiva e de pequeno porte. Uma vez encerrado os exemplos o próximo subcapítulo busca paralelos entre outra classificação feita em outro segmento do rio Piabanha.

## **5.2 Comparação dos resultados com o trecho 4 do Rio Piabanha**

A análise conduzida em outro trecho do Rio Piabanha por Junior (2020), apesar de abranger uma área relativamente menor (8km de comprimento – cerca de ¼ do trecho 2) que a área de estudo abordada nesta tese, pode ser utilizada como alvo de discussão e também paralelos que ajudem a pôr em outra perspectiva os resultados aqui descritos. Principalmente tendo em vista que o teor das duas pesquisas é o mesmo em termos de levantar mudanças em FMPs.

Comparativamente falando, os resultados no trecho 4 da drenagem do Rio Piabanha apresentam importantes diferenças e semelhanças em relação ao trecho 2. Os valores de ‘Campo’ para ‘Vegetação’ foram os maiores em ambas as pesquisas, além disso a proporção de mudança da classe de ‘Vegetação’ para ‘Construção’ foi a mesma (cerca de 20%). Da mesma forma, as mudanças de ‘Campo’ para ‘Construção’ (cerca de 8%), bem como a classe ‘Construção’ para ‘Vegetação’ (cerca de 0,41% para com 2%) se apresentaram como transições bem similares nos dois casos. Outras transições, entretanto, diferiram nas duas pesquisas: ‘Construção’ para ‘Campo’ não foi identificada no trecho 4 e representa 6% das mudanças no trecho 2, valores identificados na Figura 40.



**Figura 40.** Gráfico das alterações identificadas na área de estudo (em % percentual) – comparativo 2006/2009 e 2021.

Em ambas é evidente que, apesar de haver recuperação vegetal notável em determinadas partes da Faixa Marginal de Proteção, em contrapartida, novas construções vêm sendo realizadas em áreas que são consideradas protegidas pela constituição. Em outras palavras há um processo cíclico de ocupação/abandono de áreas na FMP e isto ocorre mesmo diante de uma área protegida menor se comparado ao Novo Código Florestal.

Manifesta-se de maneira insuficiente a ação do poder público no acompanhamento e fiscalização desta categoria de área protegida, pode-se argumentar que em termos logísticos é um desafio controlar todas as drenagens de um município além de todas as UCs federais e públicas, porém é dever tanto Estadual quanto Municipal que haja uma fiscalização acompanhada de notificação a quaisquer construções ou indústrias criadas em área ambiental protegida.

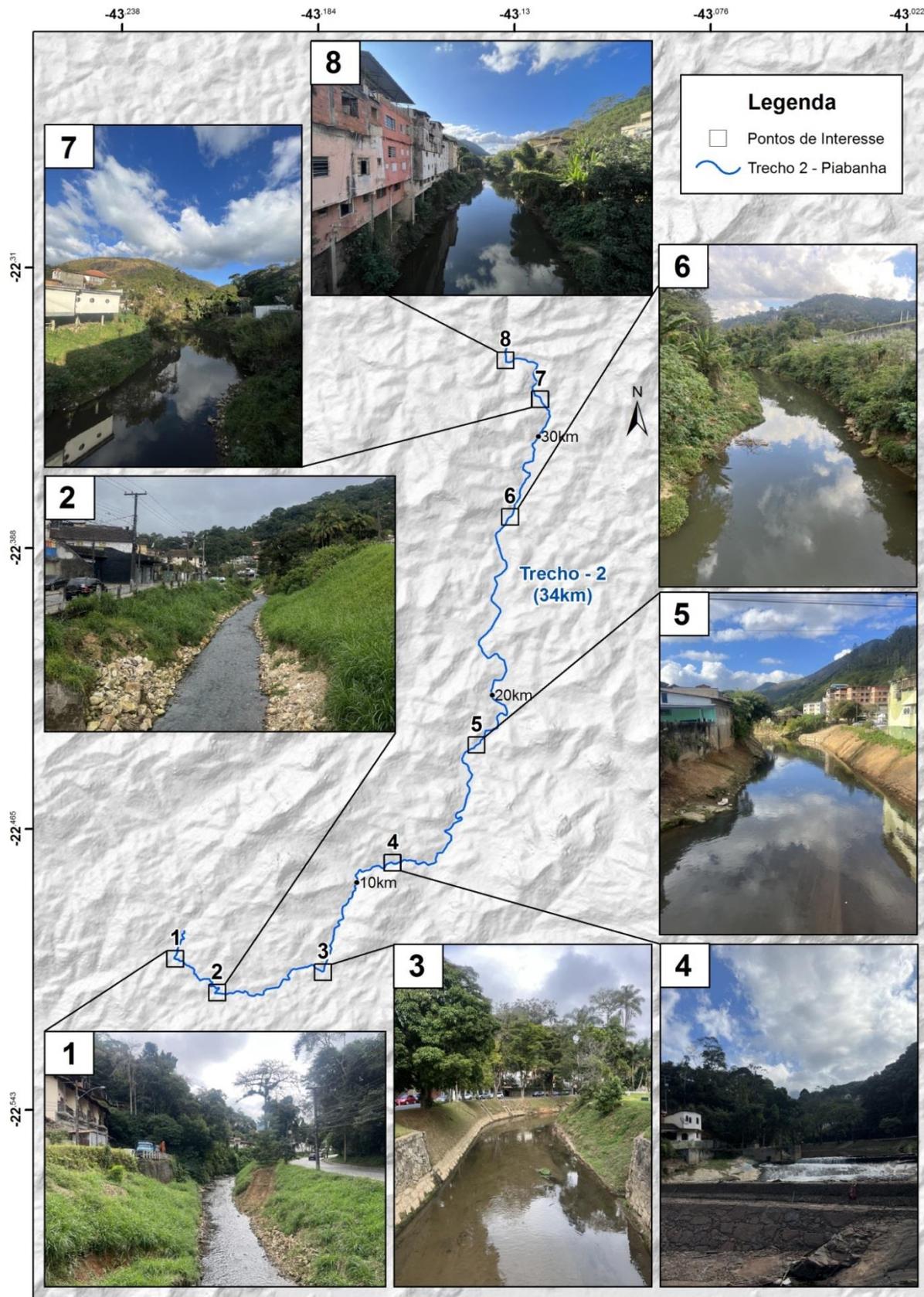
Exemplos desse cenário podem ser vistos através da paisagem ao longo do Rio Piabanha como as selecionadas a partir da expedição de campo na Figura 41.



**Figura 41.** Construções às margens do Rio Piabanha com visíveis marcas de erosão em razão da drenagem e das chuvas sazonais. Fonte: o Autor

Ambas as margens representam construções e arruamentos dentro da FMP estabelecida por Lei, de acordo com o resultado da análise de mudança paisagística. De maneira correlacionada foi feito um trabalho de campo em 8 pontos de interesse na área do trecho 2 do Piabanha em seus 34km de extensão com o objetivo de registrar o canal e a planície fluvial do Rio *in loco* a fim de viabilizar paralelos e narrativas dos resultados da pesquisa com o retrato da situação no ano de 2023. A Figura 42 traz um panorama com os segmentos característicos e que retratam o desenvolvimento da drenagem e seus marcos de comprimento em km.

### Mapa dos 8 pontos de interesse na área do trecho 2 do Piabanha



**Figura 42.** Mapa do trecho 2 do Rio Piabanha com os 8 pontos de interesse exemplificados ao longo da drenagem (Elaboração: o Autor)

Através do mapa representado na Figura 42 é possível ter uma visão geral de como o canal do Rio Piabanha se comporta ao longo do trecho 2. Os segmentos com presença de estradas em suas margens apresentam, em grande parte da extensão do rio, canteiros com árvores e pastagem como estruturas verdes paliativas ao que deveria ser os 15m de vegetação ciliar. Percebem-se, ainda, obras de engenharia como represas e retificações, além de sinais da passagem de veículos leves e pesados em sua planície fluvial. Porém, mesmo em meio a toda esta situação, ainda assim ficam indícios e segmentos nos quais a vegetação está presente, dentro do padrão legislativo. Não obstante, exemplos negativos no sentido de gestão pública e gestão de resíduos se destacam, muito pela proximidade do rio com residências e afins, como os apresentado na Figura 43.



**Figura 43.** Destroços de uma ponte (Sem nome, km 7 do trecho 2 do Rio Piabanha) e lixo domiciliar despejado diretamente na drenagem do Rio. Fonte: o Autor

Outro elemento percebido na paisagem refere-se aos destroços da ponte que já conectou as duas margens do Rio Piabanha no quilômetro 7 da extensão do trecho 2, ou seja, na primeira metade do comprimento do canal.

Tais elementos evidenciam como a força da vazão da drenagem em ocasiões de cheia é muitas vezes subestimada ou não considerada em seu potencial total no ato do planejamento de uma infraestrutura como essa. Paralelamente, os resíduos sólidos presentes ao longo do curso d'água (Figura 44) representam uma contribuição no processo de assoreamento e,

consequentemente, entram na soma de influências que, ao invés de mitigar, acabam por trazer malefícios para a FMP. Faz-se necessário implementar medidas de controle e redução da poluição no Rio como o gerenciamento de resíduos industriais, agrícolas e doméstico, promovendo o tratamento adequado de esgoto e conscientizando as comunidades locais sobre a importância de prevenir a poluição e a circulação de veículos na FMP do Rio Piabanha.



**Figura 44:** Marcas do padrão de uso e cobertura Campo/Solo Exposto com evidências da passagem de automóveis. Elaboração: o Autor.

É evidente que ausência da vegetação torna as margens do canal mais instáveis, principalmente ao escoamento superficial. A supressão da FMP através da construção de calçadas/estradas ou da passagem de veículos diminui a velocidade de desenvolvimento de uma área natural, ou seja, da manutenção e preservação da área natural. Somado a isto o solo exposto também contribui para o processo de assoreamento mencionado anteriormente com a questão do lixo doméstico. A presença de cobertura vegetal daria estabilidade e serviria como uma proteção extra contra esse tipo de processo (KAGEYAMA, et al 2005), uma vez que a mata ciliar próxima à drenagem funciona como filtro de sedimentos além de prover matéria orgânica ao canal, promovendo a biodiversidade de fauna e flora aquática. A Figura 45

representa um trecho retificado e com presença de arruamentos em ambas as margens do canal.



**Figura 45:** Trecho onde as margens do canal do Rio Piabanha foram retificadas – entre 3 a 5km do comprimento do canal. (Elaboração: o Autor)

Como mencionado anteriormente, foi levantado na análise do padrão de uso e cobertura que uma parcela considerável da extensão do Rio Piabanha apresenta estradas/arruamentos em sua planície próxima, cerca de 15km ou (44%) do perímetro do total referente ao trecho 2 2021, Figura 29. Esses segmentos muitas vezes apresentam muros construídos na margem com o intuito de canalizar e determinar a passagem da água. Por um lado, torna o afluente mais controlado, por outro acaba por ditar consequências biológicas e físicas na drenagem, como a perturbação dos ecossistemas aquáticos. Uma vez que se altera o fluxo natural de água (vazão tende a ser mais rápida), por conta do leito homogêneo. Mudanças na velocidade da água, profundidade e estrutura do canal podem afetar toda dinâmica ecológica do corpo d'água (REID, GREGORY e BRIERLEY, 2013). Esse aspecto está diretamente relacionado as FMPs uma vez que a manutenção dessas características físicas retroalimentam a qualidade e velocidade de regeneração da mata ciliar (KAGEYAMA, *et al.* 2002). Ou seja, muitas

vezes em sistemas naturais a solução para uma questão pode estar na manutenção de atributos próximos que influenciem o verdadeiro alvo, que é FMP.

A Figura 46 demonstra mais um exemplo da dinâmica alterada do ecossistema, mudanças estas feitas pelo governo local num viés de embelezamento que não necessariamente cumpre as funções ambientais que deveria/teria potencial de exercer.



**Figura 46:** Segmentos com canteiro de vegetação planejada – e também retificados e com suas FMPs urbanizadas. Elaboração: o Autor

Pensando na restauração da FMP, deve-se considerar o arranjo espacial e a conectividade dos plantios ao longo de um corredor fluvial. E as plantações devem ser colocadas estrategicamente para aumentar a diversidade estrutural da zona ribeirinha, criar habitat para fauna e flora tanto na FMP quanto dentro do canal de maneira a promover processos naturais, como estabilização de margens e retenção de sedimentos (KAGEYAMA, *et al.* 2002).

Um possível projeto de manejo deve considerar também a escolha de espécies nativas do bioma em questão (Mata Atlântica) e o futuro crescimento e expansão das plantas. A Figura 47 gera um contraste interessante entre a ocupação das margens por residências e a regeneração de áreas vegetadas logo em frente, na outra margem.



**Figura 47:** Final do trecho 2 onde há construções praticamente Ribeirinhas do lado direito da margem, e do esquerdo vegetação. (Fonte: o Autor)

A expedição em campo foi frutífera no sentido de possibilitar a observação dos processos analisados na dissertação de maneira palpável. Quando se trata do rio Piabanha a ocupação das margens é histórica, uma vez que mesmo antes do Decreto ser promulgado já havia construções na FMP de 30m, como visto na Figura 47, início da argumentação.

Tendo em vista a complexidade de forças e atores em ação no trecho 2 da área de estudo a presente pesquisa se propõe a direcionar soluções tendo como ponto de partida as condições atuais presentes no maior recorte do afluente. A gestão do canal aqui proposta começa no nível da bacia hidrográfica, considerando toda a área que contribui com água para o sistema fluvial, uma vez que toda ela está ligada indireta ou diretamente. A gestão de bacias hidrográficas envolve a proteção e restauração da cobertura vegetal natural, a implementação de práticas de conservação do solo e o gerenciamento de atividades de uso da terra para minimizar a erosão, sedimentação e poluição. O objetivo é manter a qualidade da água, regular o fluxo de água e preservar a saúde geral do sistema.

É importante observar que a gestão da drenagem deve ser baseada em conhecimento científico sólido, considerar os aspectos sociais e econômicos do uso do rio e suas imediações e visar a conservação e proteção da integridade ecológica dele. Uma abordagem de manejo adaptativo que permita o monitoramento contínuo, avaliação e ajuste de estratégias de ação são muitas vezes preferidas para levar em conta as mudanças nas condições ambientais e necessidades sociais.

## 6. Conclusões

A proteção na prática oferecida pela demarcação do limite das áreas de proteção permanente (APP) especificamente quando se trata da aplicação da FMP (Faixa Marginal de Proteção) é rasa na área de estudo do trecho 2 do Rio Piabanha. Apesar de por Lei ser vetada a construção e/ou desmatamento, constatou-se no caso das margens do Rio Piabanha cerca de 51% da área total da FMP (103,4 hectares) equivalente a classe construída.

Foi identificado também um ciclo de ações, que ora está associado à degradação, ora se associa com a regeneração em diferentes seções ao longo da extensão da área protegida. Essa dinâmica, portanto, é contra produtiva para a vegetação do ponto de vista ecológico (KAGEYAMA, et al 2002).

Quando se trata da integridade da vegetação ciliar que deveria representar a Faixa Marginal de Proteção, ainda há espaço para reavaliação da eficácia dessa demarcação legal que vai além da situação da área natural, e que esbarra na dinâmica do sistema fluvial. Foi evidenciado que os processos de erosão e deposição vão, aos poucos, remodelando o trajeto principal de um canal, alterando, portanto, sua Linha Média de Enchentes Ordinárias (LMEO). Tal consideração faz com que se levante o questionamento de possível revisão da FMP em intervalos próximos a uma década, porém não em toda sua extensão, apenas onde os processos geomorfológicos são observados com mais intensidade. Idealmente este tipo de levantamento deve ser feito por atores da defensoria civil e dos órgãos ambientais competentes a fim de avaliar se existem residências que sofrem com potencial de desabamento por conta dessa evolução do canal fluvial.

Sobre os aspectos legais do Decreto 42.356/2010 do ERJ (Rio de Janeiro, 2010), a diminuição de áreas protegidas por conta de estarem presentes em áreas urbanas consolidadas pode ser visto como certo retrocesso legal. No caso do Rio Piabanha, sua FMP foi de 30m de largura para 15m. Como exposto pelos resultados apresentados, além dessa redução, observou-se a diminuição da manutenção da vegetação em várias dessas áreas levantadas. Logo, é necessário reforçar as ações de fiscalização e atuação de infrações em áreas de proteção permanente. Do ponto de vista prático, o presente trabalho parte da consideração que este termo legal é um retrocesso no âmbito de políticas públicas e é sugerido que entidades governamentais reconsiderem tais medidas, pois são justamente os rios presentes em áreas urbanas consolidadas os que mais necessitam de proteção natural e meios de preservar sua dinâmica própria (CORREÂ e SILVA, 2017)

Apesar das considerações listadas o Decreto 42.356/2010 foi concebido para trazer metas mais “realistas” justamente em área onde o crescimento urbano e ocupação das margens dos rios já haviam se estabelecido, impossibilitando o cumprimento do Código Florestal. Uma proposta que faz sentido tendo em vista que a legislação ambiental se consolidou a cerca de 1 século (1934) e as cidades são pretéritas a estas leis. A presente dissertação levanta que a fiscalização e monitoramento das cláusulas do Decreto estadual precisam ser respeitadas, a fim de garantir a manutenção dos rios, especialmente em meio urbano.

Quanto ao Novo Código Florestal a mudança metodológica de parâmetros para a demarcação do limite da FMP comparativamente com o antigo Código Florestal representa também, um decréscimo de área protegida, uma vez que a alteração para o LMEO (Linha Média de Enchentes Ordinárias) faz com que o início da FMP seja uma projeção média na planície fluvial. O antigo Código Florestal (BRASIL, 1965) previa o nível mais alto de enchente, e, portanto, do ponto de vista puramente ecológico e geográfico é o mais benéfico para o espaço natural.

Não obstante ao planejamento e zoneamento do uso da terra a implementação de regulamentos rígidos é crucial para proteger as FMPs. O governo pode estabelecer zonas tampão ao longo dos corpos d'água onde o desenvolvimento habitacional é restrito ou sujeito a diretrizes específicas. Esses regulamentos podem ajudar a prevenir a invasão e limitar os impactos negativos na mata ciliar.

Em suma, há uma mistura de responsabilidades em ação. Tais responsabilidades não devem ser referentes apenas o poder público, mas também dos habitantes desta região de Petrópolis. Portanto em busca de elencar possíveis caminhos para solucionar as questões em aberto foram levantados os seguintes aspectos: Estabelecer e fazer cumprir os regulamentos que protegem as FMP e restringem as atividades prejudiciais. Promover o ordenamento do território que considere a conservação e recuperação das áreas de proteção permanente. Implementar práticas de gestão de bacias hidrográficas para reduzir a poluição e sedimentação nos corpos d'água (REZENDE, 2013). Realização de monitoramento e pesquisa para avaliar a saúde da mata ciliar e identificar prioridades de conservação através dos órgãos competentes. Incentivo a conscientização pública e o envolvimento da comunidade nos esforços de conservação da FMP e do rio por si só. Recuperação de matas ciliares degradadas por meio de reflorestamento e plantio de vegetação nativa (REZENDE, 2010).

É importante avaliar as condições específicas de cada rio e considerar as características naturais, regime hidrológico e padrões de uso da terra ao selecionar medidas de controle de erosão e sedimentos. Uma abordagem integrada que combine várias técnicas e envolva a colaboração das partes interessadas é muitas vezes necessária para o controle eficaz dos rios e manutenção da FMP (CORRÊA, et al 2017).

Existe uma notável diferença entre o que está definido em âmbito legal e o que muitas vezes é feito na prática na FMP do trecho 2, entretanto se faz necessário buscar estratégias de mitigação de danos e fiscalização ostensiva para que legislação ambiental brasileira seja aplicada.

Vale salientar que este estudo focou em uma AUC e por consequência não responde pelos trechos que não são classificados dessa forma e possuem uma FMP maior. É de suma relevância científica que novos estudos englobando os demais trechos do rio Piabanha ou áreas próximas sejam feitos a fim de corroborar aos resultados expostos por essa pesquisa. Portanto são sugeridos alguns tópicos de pesquisas análogas e complementares a que aqui foi conduzida:

- Avaliação da qualidade taxonômica e ecológica da vegetação ciliar na FMP do trecho 2 do rio Piabanha
- Descrição e classificação das mudanças paisagísticas dos demais trechos ou áreas próximas ao rio Piabanha (trechos 1, 3 e 5)
- Levantamento de estratégias para remoção humanizada de populações em condição irregular em áreas protegidas em caráter permanente, especificamente FMPs.

Cabe à própria análise uma possível retomada dentro do contexto acadêmico para que mais informações sejam compiladas sobre a área de estudo e se torne ainda mais robusta a argumentação e os motivos pelos quais a FMP do rio Piabanha seja devidamente respeitada e idealizada como ferramenta de conservação para vegetação ciliar e conservação de áreas protegidas por lei.

## 7. Referência Bibliográficas

- ANTUNES, P. B. **Direito Ambiental**. 12. ed. Rio de Janeiro: Lumen Jures, 2009.
- ANTUNES, P. B. **Estaria revogado o Art. 2º do Código Florestal?** 2012. Companhia das Letras; 1ª edição. ISBN: 8535909699
- ANTUNES, T. **1934, um ano decisivo para a legislação florestal brasileira**. 2015 <https://orcid.org/0000-0003-3581-4437>
- ArcGIS. *Geographic Information System Software*. Version 10.3
- ATTANASIO, C. M.; GANDOLFI, S.; LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B.; JUNIOR, J. C. T. V.; A **importância das áreas ripárias para a sustentabilidade hidrológica do uso da terra em microbacias hidrográficas**. 2012. *Bragantia*, p.493-501, v. 71. Campinas – São Paulo.
- BRASIL, **Decreto n.º 4.421 Institui Áreas de Preservação Permanentes úteis à união**. Diário Oficial da União, Congresso, Brasília, 28 dez. 1921. Seção 1, p.1.
- BRASIL, **Lei, n.º 11.977/09** Dispõe sobre o Programa Minha Casa, Minha Vida – PMCMV e a regularização fundiária de assentamentos localizados em áreas urbanas. Diário Oficial da União, Congresso, Brasília, 7 de jul. 2009. Seção 1, p.1
- BRASIL, **Lei, n.º 13.465/17** Institui mecanismos para aprimorar a eficiência dos procedimentos de alienação de imóveis da União; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Congresso, Brasília, 11 de jul. 2017. Seção 1, p.1
- BRASIL, **Lei, n.º 14.285/21**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa como atribuição dos municípios. Diário Oficial da União, Congresso, Brasília, 25 de mai. 2021. Seção 1, p.1
- BRASIL. **[Constituição (1988)]**. LEI Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012. [S. l.: s. n.], 1988.
- BRASIL. **Decreto n.º 23.793/1934, de 23 de janeiro de 1934**. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, 23 jan. 1934. Seção 1, p.1.
- BRASIL. **Lei n.º 12.651/12, de 25 de maio de 2012** - Lei de Proteção da Vegetação Nativa (LPVN). Diário Oficial da União, Congresso, Brasília, 15 de mai. 2012. Seção 1, p.1
- BRASIL. **Lei n.º 4.771/65, de 15 de setembro de 1965**. Institui o Código Florestal. Diário Oficial da União, Congresso, Brasília, 15 de set. 1965. Seção 1, p.1
- BRASIL. **Lei n.º 9.985, de 18 de julho de 2000**. Institui o Sistema Nacional de Unidade de Conservação da Natureza (SNUC). Diário Oficial da União, Congresso, Brasília, 18 de jul. 2000. Seção 1, p.1
- CARDOSO, A. S. **Desenvolvimento de metodologia para avaliação de alternativas de intervenção em cursos de água em áreas urbanas**. 2008. p. 197. Dissertação de Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte, 2008.
- CARVALHO, J. M. **Dom Pedro II: Ser ou não ser**. 2007. Companhia das Letras, 1º Edição.
- COELHO JUNIOR, L., 2010, **Intervenções nas Áreas de Preservação Permanente em Zona Urbana: Uma Discussão Crítica Acerca das Possibilidades de Regularização**. *Revista Custos Legis, Revista Eletrônica do Ministério Público Federal*. – UFSC. Florianópolis/SC

CORRÊA, C.; SILVA, A. **Considerações sobre a redução/ampliação da dimensão de áreas de preservação permanente de faixa marginal de curso d'água em três áreas no Rio Paraíba do Sul - RJ, Brasil.** Geografia e Ordenamento do Território. p. 125 – 147 n. 11 jun. 2017.

CORRÊA, R.G.; BARBOSA, G.L.; FALCÃO, M.M.; SOUZA, T.M. **Faixa Marginal de Proteção.** Instituto estadual do ambiente - Biblioteca Central do INEA. Rio de Janeiro – RJ, 2010, 38 p.

CPRM. **Geodiversidade do estado do Rio de Janeiro.** 2017. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/20479> . Acesso em: 10 de Maio de 2022.

DECINA, T. G. T.; BRANDÃO, J. L. B. **Análise de desempenho de medidas estruturais e não estruturais de controle de inundações em uma bacia urbana.** 2016. Engenharia Sanitária e Ambiental <https://doi.org/10.1590/S1413-41520201600100116134>

Elshayal. *SMART GIS and Georeferencing of Google Earth Satellite Images.* Egypt 2020

GAROTTI, L. M.; BARBASSA, A. P. **Estimativa de área impermeabilizada diretamente conectada e sua utilização como coeficiente de escoamento superficial.** 2010. Engenharia Sanitária e Ambiental. p.19-28 v.15 n.1.

Google Earth Imagery. **Repositório de imagens de satélite (2006, 2009, 2015, 2021)** – Petrópolis-RJ, Fornecedor Maxar Technologies

HAMMOND, M. J. et al. **Urban flood impact assessment: a state-of-the-art review.** Urban Water Journal, v. 12, n. 1, p. 14–29, 2015.

INEA. **RPPNs: 10 anos de apoio à conservação da biodiversidade / Instituto. Estadual do Ambiente.** 2018. Organização: Roberta Guagliardi

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - **IBGE. Bases Cartográficas Contínuas.** 2018 Disponível em <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/bases-cartograficas-continuas/15759-brasil.html?=&t=downloads> Acesso em: 10 de Maio de 2022

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Censo 2022 – Total de população por gênero.** 2022

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBIO). **Unidades de conservação 2021.** Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/> . Acesso: 13 abr. 2022.

Instituto Estadual do Ambiente - INEA. **Faixa Marginal de Proteção.** Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/portageoinea> . Acesso: 13 abr. 2022

Instituto Estadual do Ambiente - INEA. **O Estado do Ambiente. Indicadores Ambientais do Rio de Janeiro 2010.** Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/portageoinea> Acesso em: 10 de Maio de 2022.

Instituto Estadual do Ambiente – INEA. Resolução n°130. **Norma operacional para demarcação das faixas marginais de proteção e das faixas non aedificandi de cursos d'água no Estado do Rio de Janeiro.** ago. 2016. 23 p. Rio de Janeiro.

IPEA. **Mudanças no código florestal brasileiro: desafios para a implementação da nova lei.** 2016. Rio de Janeiro, ISBN 978-85-7811-281-3

JUNIOR, J. C. **Consequências ambientais da aplicação do Decreto Estadual nº 42.356/2010 na delimitação de Faixa Marginal de Proteção em área Urbana.** 2020. PUC/Rio

JUNIOR, M. M. C.; **Metodologia para determinação das Áreas De Preservação Permanente das margens de cursos d'água: um estudo de caso na bacia do Rio Piabanha.** 2013. 155 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro, 2013.

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B.; OLIVEIRA, R. E.; MORAES, L. F. D. **Restauração da Mata Ciliar.** 2002. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável.

LIMA, A.. **Influencia da flora sobre a evolução humana. Rio de Janeiro: Sociedade dos Amigos das Árvores,** 1933.

MANSKE, J. M.; **A nova Área Urbana Consolidada e o Distanciamento dos Cursos d'água.** 2022. PHMP

MEHTA, L. **Water and human development: Capabilities, entitlements and power.** 2006. New York.

NETTO, A. L. C; 2012. **Impactos das Chuvas Extremas no Município de Nova Friburgo e Arredores (RJ).** Laboratório de Geo-hidroecologia (UFRJ)

NUNES, R. S.; FRAGA, J.; LIMA, M. L. S. **A manutenção da paisagem via aspectos legais: o caso da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul Paulista.** 2018. Geografia Histórica do Café no Vale do Rio Paraíba do Sul. Rio de Janeiro: Ed. PUC-Rio.

OLIVEIRA, J. S., 2019, Avaliação da Metodologia de Demarcação de Terrenos Marginais e Acrescidos. Estudo de Caso do Trecho Fluminense do Rio Paraíba do Sul. Dissertação de M.Sc., UFRJ/COPPE/Planejamento Energético, Rio de Janeiro, RJ, BRASIL.

OLIVEIRA, R. C. N. de; 2011. Caracterização das Áreas de Domínio da União e da Faixa Marginal de Proteção em Rios Federais apoiado por Modelação Matemática. Acesso: 10/10/2022 Disponível em: <https://buscaintegrada.ufrj.br/Record/aleph-UFR01-000773354>

PIMENTEL, A. S.; **Análise de Impacto de Inundação Fluvial do Rio Solimões na Área Rural.** 2021. UNESP

RAJÃO, R.; GIUDICE, R. D.; HOFF, R. V. D.; CARVALHO, E. B. **Uma breve história da legislação florestal brasileira.** 1ª ed. Rio de Janeiro: Expressão, 2021. 171 p.

REID, H. E.; GREGORY, C. E.; BRIERLEY, G. J. **Measures of Physical Heterogeneity in Appraisal of Geomorphic River Condition for Urban Streams: Twin Streams Catchment, Auckland, New Zealand.** 2013. DOI: 10.2747/0272-3646.29.3.247

REZENDE, O. M.; **Avaliação de medidas de controle de inundações em um plano de manejo sustentável de águas pluviais aplicado à baixada fluminense.** 2010. 218 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro, 2010.

REZENDE, O. M.; MIGUEZ, M. G.; VERÓL, A. P. **Manejo de Águas Urbanas e sua Relação com o Desenvolvimento Urbano em Bases Sustentáveis Integradas?** Estudo de Caso dos Rios Pilar-Calombé, em Duque de Caxias/RJ. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Vol. 18 n.2 – Abr/Jun 2013, p. 149-163.

RIO DE JANEIRO. **Decreto nº 42.356/2010, de 28 de maio de 2010.** Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, 28 mai. 2010. Seção 1, p.1.

SILVA, J. S. V. **Análise multivariada em zoneamento para planejamento ambiental. Estudo de caso: Bacia Hidrográfica do Rio Taquari MS/MT.** 2003. 307 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

SILVA, V. H. **Estimativas do escoamento superficial em microbacia hidrográfica sob diferentes condições de uso da terra.** 2014. p. 42. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, Jerônimo Monteiro, 2014.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. **Desastres Naturais: conhecer para prevenir.** INSTITUTO GEOLÓGICO, 3ª Ed. São Paulo, 2015, 196 p.

TORRES, F. T. P.; MACHADO, P. J. de O. **Introdução à hidrogeologia.** São Paulo: Cengage Learning, 2012. 178 p.

TRICART, J. **Ecodinamica.** IBGE, Diretoria Técnica, SEPREN. Rio de Janeiro, 1977, 91 p.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul - UFRGS: ABRH. 4ª ed., 2012.

VIEIRA, I. C. B. **Mapeamento da área de preservação permanente na margem norte do rio itajaí-açu em área urbana consolidada.** Metodologias e Aprendizado. p. 26 – 29 set. 2019.