

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CCNE - CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA  
Dinâmicas Territoriais do Cone Sul**

**Feline Schön**

**HUMEDALES E INUNDACIONES DE ESPACIOS URBANOS EN  
URUGUAY**

**Santa Maria, RS**

**2021**



**Feline Schön**

**HUMEDALES E INUNDACIONES DE ESPACIOS URBANOS EN URUGUAY  
ZONAS ÚMIDAS E INUNDAÇÃO DE ESPAÇOS URBANOS NO URUGUAI**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, Área de Concentração em Análise Ambiental e Dinâmica Espacial, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutora em Geografia**.

**Orientadora: Prof. Dra. Ana Dominguez**

**Co-orientador: Prof. Dr. Marcel Achkar**

Santa Maria, RS

2021

Schön, Feline  
Humedales e inundaciones de espacios urbanos en  
Uruguay / Feline Schön.- 2021.  
237 p.; 30 cm

Orientadora: Ana Dominguez  
Coorientador: Marcel Achkar  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de  
Pós-Graduação em Geografia, RS, 2021

1. Geografia Ambiental 2. Inundações 3. Zonas úmidas  
4. Uruguai I. Dominguez, Ana II. Achkar, Marcel III.  
Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

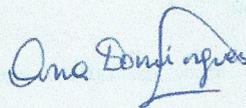
Declaro, FELINE SCHÖN, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Tese) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

Feline Schön

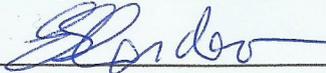
ZONAS ÚMIDAS E INUNDAÇÃO DE ESPAÇOS URBANOS NO URUGUAI

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, Área de Concentração em Análise Ambiental e Dinâmica Espacial, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de Doutora em Geografia .

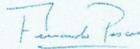
Aprovado em 29.06.2021:



Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Domínguez (Presidente/Orientadora)



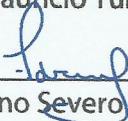
Prof. Dr. Eduardo Schiavone Cardoso (UFSM)



Prof. Dr. Fernando Pesce (UdelaR)



Prof. Dr. Mauricio Tubio (UdelaR)



Prof. Dr. Adriano Severo Figueiró (UFSM)

Santa Maria, RS  
2021



## Agradecimentos

Antes de mais nada, gostaria de agradecer aos meus orientadores: Ana Domínguez e Marcel Achkar, sem vocês não teria sido possível terminar esta etapa, ¡muito obrigada por seu apoio incondicional!

Gostaria também de agradecer ao equipe do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Maria que sempre me ajudaram a resolver todos os passos necessários para poder chegar a esta etapa, que às vezes não é tão fácil à distância. Ao meu comitê de qualificação e defesa: Prof. Eduardo Cardoso, Prof. Fernando Pesce, Prof. Mauricio Tubio, Prof. Luis Robaina e Prof. Adriano Figueiró pela dedicação de seu tempo, contribuições e comentários.

Aos meus colegas de doutorado em Santa Maria por me possibilitar um lar e me ajudar com as diferenças linguísticas: Alecsandra, Greice e Taimond.

Agradeço também aos meus colegas do *Laboratorio de Desarrollo Sustentable y Gestión Ambiental del Territorio* da *Facultad de Ciencias, Universidad de la República* por me apoiarem neste processo, e especialmente ao grupo de trabalho do Convenio de San José, assim como aos vizinhos e à Prefeitura de San José. A Rodrigo Childe da CUR por seus gestões no território de Rivera, e aos técnicos do Município de Rivera por seu tempo. A Manuel Chabalgoity por compartilhar comigo seus conhecimentos sobre a Lei de Planejamento Territorial e Desenvolvimento Sustentável.

E também, à CAP e à ANII por seu apoio financeiro durante meus estudos de doutorado, bem como à DINAGUA e à INUMET por disponibilizar seus bancos de dados para os estudos de caso.



## Resumo

### ZONAS ÚMIDAS E INUNDAÇÃO DE ESPAÇOS URBANOS NO URUGUAI

AUTORA: Feline Schön

ORIENTADORES: Ana Domínguez e Marcel Achkar

Esta tese de doutorado estuda os problemas das zonas úmidas e inundações nas áreas urbanas do Uruguai sob a perspectiva da Geografia Ambiental. Os ambientes úmidos estão interrelacionados com processos urbanos e suas áreas de inundação do ponto de vista ambiental, já que a Geografia Ambiental fornece elementos para interpretar as relações existentes e pensar novas relações entre a sociedade e a natureza. O objetivo desta pesquisa é fornecer elementos teóricos, metodológicos e operacionais para a avaliação dos sistemas ambientais resultantes da interrelação entre ecossistemas de zonas úmidas e localidades urbanas no Uruguai e, propor critérios que sirvam como insumos para o planejamento sustentável, com base em estudos de caso. A estratégia metodológica é desenvolvida em diferentes escalas. Por um lado, as inundações em localidades urbanas em nível nacional e seu padrão de distribuição são identificados e caracterizados, com base na análise espacial dos registros através de um Sistema de Informação Geográfica. Esta análise torna possível compreender, a nível nacional, a situação das áreas urbanas em relação a zonas úmidas e eventos de enchentes. Mostra que o número de localidades urbanas que se desenvolvem nas áreas úmidas do Uruguai é significativo, atingindo 50% do total, e é claramente um problema em escala nacional. A análise ambiental é aprofundada em três estudos de caso, com base em uma regionalização das localidades em áreas úmidas e com eventos de enchentes: San José de Mayo e a Bacia hidrográfica de San José, Durazno e a Bacia hidrográfica do Yí, e Rivera e a Bacia hidrográfica do Cuñapirú. As três cidades têm em comum o fato de estarem em grande parte localizadas em áreas úmidas e terem sido posteriormente afetadas por eventos de enchentes. Uma visão ambiental é desenvolvida sobre o problema das inundações em localidades do Uruguai, mostrando a necessidade de ampliar a escala de análise a um trabalho em escala de bacia hidrográfica, levando em conta seu funcionamento. A fim de melhorar as condições gerais da bacia hidrográfica e especialmente no ambiente da cidade, é aconselhável preservar as áreas úmidas. Os espaços urbanos se estendem por áreas úmidas sem levar em conta os ecossistemas que eles destroem. Uma das consequências mais óbvias são os eventos de enchentes que ocorrem nas localidades e afetam a população local. É destacado que, devido à alta presença de áreas urbanizadas em territórios de zonas úmidas em nível nacional, é necessário levar em conta urbanizações ao gerar critérios para a proteção de zonas úmidas e um possível plano de manejo. Além disso, mostra a necessidade de gerar uma estratégia nacional para a gestão de áreas úmidas e várzeas urbanas, a fim de iniciar um caminho sustentável. Como o sistema ambiental não está limitado por fronteiras urbanas e todas as variáveis em uma bacia hidrográfica como um todo estão interrelacionadas.

**Palavras-chave:** Geografia ambiental, zonas úmidas, inundações, Uruguai



## **Abstract**

### **WETLANDS AND FLOODING OF URBAN SPACES IN URUGUAY**

AUTHOR: Feline Schön

TUTORS: Ana Domínguez, Marcel Achkar

This doctoral thesis studies the problems of wetlands and floods in urban areas in Uruguay from the perspective of environmental geography. It interrelates wetland environments with urbanization and their flooding areas from an environmental point of view, since Environmental Geography allows us to redefine the relationship between society and nature. The aim of this research is to provide theoretical, methodological and operational elements for the evaluation of environmental systems resulting from the interrelationship between wetland ecosystems and urban localities in Uruguay and to propose criteria to serve as inputs for sustainable planning, based on case studies. The methodological strategy is developed at different scales: floods in urban localities are identified and characterised at a national level and their distribution pattern, based on the spatial analysis of the records through a Geographic Information System. This analysis allows the situation of urban areas in relation to wetlands and flood events to be developed at national level. It is shown that the number of urban localities that develop within wetland areas in Uruguay is significant, reaching 50% of the total, consequently this is a problem on a national scale. The environmental analysis is deepened in three case studies, based on a regionalisation of the localities in wetlands and with flood events. San José de Mayo and the San José Basin, Durazno and the Yí Basin, and Rivera and the Cuñapirú Basin; the three cities have in common that they are largely located in wetland areas and have subsequently been affected by flood events. An environmental vision of the problem of flooding events in Uruguay is developed, showing the need to broaden the scale of analysis and work on a river basin scale, considering its functioning. In order to improve the general conditions of the basin and especially in the city environment, the preservation of wetland areas is desirable. Urban spaces extend over wetland areas without reflection on the ecosystems they destroy. One of the most obvious consequences are flooding events which occur in the localities and affect the local population. It is highlighted that, due to the high presence of urbanised areas in wetland territories, it is necessary to bear in mind urbanization when generating criteria for the protection of wetlands and a possible management plan. Furthermore, it shows the need to generate a national strategy for the management of wetlands and urban floodplains in order to initiate a sustainable path. Since the environmental system is not limited by urban boundaries and all variables in a basin as a whole are interrelated.

Keywords: Environmental Geography, Wetlands, floods, Uruguay



## Índice de Números

Figura 1 - Objeto de estudo.....	28
Figura 2 - Sítios Ramsar no Uruguai.....	55
Figura 3 - Modelo de planície de inundação.....	57
Figura 4 - Inundação do rio Yí.....	66
Figura 5 - Hidrologia e áreas urbanas do Uruguai.....	71
Figura 6 - Uruguai na região.....	72
Figura 7 - As principais cuencas hidrográficas do Uruguai.....	73
Figura 8 - Esquema metodológico.....	75
Figura 9 - Exemplo de recenseamento sobrepostos e zonas úmidas em Durazno..	76
Figura 10 - Unidades do censo do INE.....	77
Figura 11 - Localidades urbanas no Uruguai (por número de habitantes).....	79
Figura 12 - Zonas úmidas e localidades urbanas no Uruguai.....	85
Figura 13 - Padrão espacial das localidades de zonas úmidas.....	93
Figura 14 - Padrão espacial das localidades com registros de inundações.....	95
Figura 15 - Localização dos três estudos de caso.....	98
Figura 16 - Tipologia das áreas úmidas de Ramsar na bacia hidrográfica do rio San José e estações meteorológicas.....	105
Figura 17 - Áreas em risco de inundação em San José de Mayo.....	107
Figura 18 - Rota ao longo da área urbana do Rio São José.....	108
Figura 19 - Seção do rio San José mostrando as zonas de sedimentação nas margens convexas.....	113
Figura 20 - Arenal no Rio San Jose.....	114
Figura 21 - Arenal Vegetado e canal intermitente.....	115
Figura 22 - Rio Raso.....	115
Figura 23 - Redução de canais.....	116
Figura 24 - Pluma de areia subaquática.....	117
Figura 25 - Asfixia dos canais.....	118
Figura 26 - Seção do rio San José mostrando zonas de sedimentação cobertas por vegetação.....	119
Figura 27 - Comparação do plano urbano de San José de Mayo entre 1966 e 2018.....	120
Figura 28 - Classificação do uso do solo a partir de 06/09/1987 na bacia hidrográfica do rio San José.....	121

Figura 29 - Classificação do uso do solo a partir de 10/06/2017 na bacia hidrográfica do rio San Jose.....	122
Figura 30 - Precipitação diária e eventos ao nível do rio San Jose durante o inverno.....	125
Figura 31 – Precipitação Juan Soler.....	126
Figura 32 - Plano Urbano San José de Mayo.....	133
Figura 33 - Mapa de risco de enchentes na cidade de San José de Mayo.....	134
Figura 34 - Sistema urbano proposto na cidade de São José de Mayo.....	135
Figura 35 - Aterros na cidade de San José de Mayo.....	136
Figura 36 - Tipologia das zonas úmidas de Ramsar na área de estudo da bacia hidrográfica do rio Yí.....	141
Figura 37 - As áreas urbanas da cidade de Durazno e das zonas úmidas do rio Yí...	142
Figura 38 - Áreas de risco na cidade de Durazno.....	143
Figura 39 - Estações meteorológicas.....	146
Figura 40 - Acumulação de sedimentos no rio Yí.....	148
Figura 41 - Banco de areia grande, com canal intermitente e com vegetação.....	149
Figura 42 - Formação de praias e desaparecimento de canais secundários.....	149
Figura 43 - Deslocamento de sedimentos.....	151
Figura 44 - Ilhas com vegetação no rio Yí.....	152
Figura 45 - Acumulação de sedimentos em áreas baixas do rio.....	153
Figura 46 - Comparação do plano urbano da cidade de Durazno entre 1966 e 2018.....	153
Figura 47 - Uso do solo na área de estudo no ano de 1987.....	155
Figura 48 - Uso do solo na área de estudo no ano de 2019.....	156
Figura 49 - Precipitação diária R20 no inverno e geral na cidade de Durazno.....	157
Figura 50 - Eventos de risco de inundação para a cidade de Durazno no inverno...	158
Figura 51 - Categorização do terreno Cidade de Durazno.....	165
Figura 52 - Mapa de risco de eventos de inundação na cidade de Durazno.....	167
Figura 53 - Tipologia das zonas úmidas de Ramsar na Bacia Hidrográfica do Alto Cuñapirú.....	172
Figura 54 - Áreas urbanas da Cidade de Rivera e das zonas úmidas do Cuñapirú...	173
Figura 55 - Áreas em risco devido a enchentes.....	174
Figura 56 - Canalização do Córrego Cuñapirú.....	177
Figura 57 - Sedimentação com início de vegetação no riacho Cuñapirú.....	178
Figura 58 - Sedimentação e estreitamento do canal Cuñapirú.....	179

Figura 59 - Comparação do plano urbano de Rivera entre 1966 e 2018.....	180
Figura 60 - Pontes do Cuñapirú na área urbana de Rivera.....	181
Figura 61 - Moradia nas proximidades imediatas do riacho Cuñapirú.....	182
Figura 62 - Grandes instalações na planície de inundação do Córrego Cuñapirú...	183
Figura 63 - Melancia Shopping localizado em áreas baixas.....	183
Figura 64 - Uso do solo da área de estudo da Bacia Hidrográfica do Cuñapirú em 1987.....	185
Figura 65 - Uso do solo da área de estudo da bacia hidrográfica do Cuñapirú em 2019.....	186
Figura 66 - Precipitação acumulada em Rivera.....	187
Figura 67- Precipitação diária R20 em agosto.....	193
Figura 68 - Categorização do solo Cidade de Rivera.....	193



## Índice de Tabelas

Tabela 1 - Sistema de classificação de tipo zonas úmidas Ramsar.....	51
Tabela 2 - Categorias de Estoque de Terras Úmidas – Uruguai.....	53
Tabela 3 - Localidades e pessoas localizadas em áreas úmidas por departamento.....	87
Tabela 4 - Localidades em zonas úmidas e suas inundações de 1983 a 2017, por categoria de seus habitantes.....	90
Tabela 5 - Cidades em regiões de risco com número de eventos de inundação registrados 1983-2017 e porcentagem de área dentro da área úmida....	96
Tabela 6 - Uso do solo na Bacia Hidrográfica do San José, comparando 1987 e 2017.....	120
Tabela 7 - Análise de Mann-Kendall de acordo com as somas sazonais de chuva acumulada, valores de significância (p) e magnitude (Z).....	123
Tabela 8 - Análise de Mann-Kendall de acordo com a soma sazonal de R20.....	124
Tablela 9 - Análise Mann-Kendall realizada a partir da soma sazonal dos eventos onde o rio San José atingiu 5 e 7 metros respectivamente.....	124
Tabela 10 - Análise de correlação cruzada entre a série de precipitação e o nível do rio em San José nos três períodos de estudo.....	127
Tabela 11 – Uso do solo na Bacia Hidrográfica do Yí, comparando 1987 e 2019...	154
Tabela 12 – Risco de eventos de inundação na cidade de Durazno.....	158
Tabela 13 - Uso do solo na Bacia Hidrográfica do Cuñapirú, comparando 1987 e 2019.....	184



## Lista de abreviações e acrónimos

a.n.e.	Antes de nossa era
DINAGUA	Dirección Nacional de Agua
DINAMA	Dirección Nacional de Medio Ambiente
DINOT	Dirección Nacional de Ordenamiento Territorial
ENOS	El Niño-Oscilação do Sul
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
FUCVAM	Federación Uruguaya de Cooperativas de Vivienda por Ayuda Mutua
IDE	Infraestructura de Datos Espaciales
IDW	Ponderação de Distância Inversa
INE	Instituto Nacional de Estadística
INUMET	Instituto Uruguayo de Meteorología
ITU	Instituto de Teoría Urbana y Urbanismo
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática
MDT	Modelo Digital de Território
MGAP	Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca
MVOTMA	Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente
POT	Plan de Ordenamiento Territorial
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SINAE	Sistema Nacional de Emergencias
SNAP	Sistema Nacional de Áreas Protegidas
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
WMO	Organização Meteorológica Mundial



## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>DA GEOGRAFIA AMBIENTAL.....</b>	<b>21</b>
1.1.	OBJETIVO.....	28
1.2.	O DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO.....	29
<b>2.</b>	<b>QUESTÕES CONCEITUAIS.....</b>	<b>31</b>
2.1.	ORIGEM DA CIDADE EM ÁREAS PROPENSAS A ENCHENTES.....	31
<b>2.1.1.</b>	<b>Cidades coloniais na América Latina.....</b>	<b>33</b>
<b>2.1.2.</b>	<b>Desenvolvimento de cidades no Uruguai.....</b>	<b>34</b>
2.2.	CIDADES HOJE .....	37
<b>2.2.1.</b>	<b>Distribuição espacial nas cidades – Segregação.....</b>	<b>40</b>
2.3.	PLANEJAMENTO ESPACIAL URBANO.....	42
<b>2.3.1.</b>	<b>Lei de Planejamento Territorial e Desenvolvimento Sustentável.....</b>	<b>43</b>
2.4.	ZONAS ÚMIDAS.....	48
<b>2.4.1.</b>	<b>A Convenção de Ramsar.....</b>	<b>50</b>
<b>2.4.2.</b>	<b>No Uruguai.....</b>	<b>53</b>
2.5.	MUDANÇA AMBIENTAL GLOBAL.....	57
<b>2.5.1.</b>	<b>Mudança climática.....</b>	<b>58</b>
<b>2.5.2.</b>	<b>Eventos naturais extremos.....</b>	<b>63</b>
<b>2.5.3.</b>	<b>No Uruguai.....</b>	<b>68</b>
<b>3.</b>	<b>CORTE ESPACIAL E TEMPORAL.....</b>	<b>71</b>
<b>4.</b>	<b>ESTRATÉGIA METODOLÓGICA.....</b>	<b>75</b>
<b>5.</b>	<b>ÁREAS URBANAS EM ÁREAS ÚMIDAS EM NÍVEL NACIONAL.....</b>	<b>85</b>
5.1.	REGIONALIZAÇÃO.....	92
5.2.	REFLEXÕES.....	99
<b>6.</b>	<b>A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SAN JOSÉ E A CIDADE SAN JOSÉ DE MAYO.....</b>	<b>103</b>
6.1.	CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA.....	103
6.2.	METODOLOGIA.....	107
6.3.	CARACTERIZAÇÃO DAS INUNDAÇÕES.....	112
6.4.	ANÁLISE DAS POSSÍVEIS CAUSAS.....	115
6.5.	PLANO LOCAL DE PLANEJAMENTO TERRITORIAL E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	132

6.6.	CONSIDERAÇÕES.....	137
<b>7.</b>	<b>A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO YI E A CIDADE DE DURAZNO....</b>	<b>139</b>
7.1.	CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA.....	139
7.2.	METODOLOGIA.....	144
7.3.	CARACTERIZAÇÃO DAS INUNDAÇÕES.....	147
7.4.	ANÁLISE DAS POSSÍVEIS CAUSAS.....	159
7.5.	PLANO LOCAL DE PLANEJAMENTO TERRITORIAL E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	164
7.6.	CONSIDERAÇÕES.....	169
<b>8.</b>	<b>A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO CUÑAPIRU E A CIDADE DE RIVERA.....</b>	<b>171</b>
8.1.	CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA.....	171
8.2.	METODOLOGIA.....	174
8.3.	CARACTERIZAÇÃO DAS INUNDAÇÕES.....	176
8.4.	ANÁLISE DAS POSSÍVEIS CAUSAS.....	189
8.5.	PLANO DIRETOR DE DESENVOLVIMENTO E PLANEJAMENTO TERRITORIAL.....	193
8.6.	CONSIDERAÇÕES.....	196
<b>9.</b>	<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>197</b>
<b>10.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>209</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>215</b>

## 1. DA GEOGRAFIA AMBIENTAL

Esta tese de doutorado, sobre zonas úmidas e inundação de áreas urbanas no Uruguai, está posicionada dentro da Geografia Ambiental. Enfatiza as questões ambientais ao interrelacionar os ambientes úmidos com os processos urbanos e suas áreas de inundação com uma visão holística, superando o tradicional dualismo disciplinar entre a Geografia Física e a Geografia Humana. A Geografia Ambiental fornece elementos para interpretar as relações existentes da sociedade e a natureza e pensar novas relações, oferecendo a possibilidade de focalizar o sistema ambiental como objeto de estudo. Esta reconceitualização é inovadora diante das discussões que ocorreram na Geografia ao longo do tempo sobre o objeto de estudo da Geografia e a relação sociedade-natureza (MENDONÇA, 2015).

Desde a institucionalização universitária da Geografia, seu desenvolvimento tem sido relacionado ao ser humano e seu meio ambiente, ou em um sentido mais amplo, às relações entre sociedade e natureza, que permanece até hoje seu objeto central de estudo (CAPEL, 1998; RIVERA, 2006). Essa abordagem ou foi muito naturalista – na qual vários componentes da natureza e sua valorização positiva do domínio do meio ambiente natural foram abordados, ou muito antropocêntrica – uma abordagem na qual leis gerais são buscadas para explicar as relações entre os fenômenos naturais e as atividades realizadas pela sociedade (GARCÍA, 2000).

A separação entre natureza e sociedade na Geografia é uma preocupação central desde as origens da disciplina, baseada na tradição judaico-cristã como base da racionalidade moderna, na qual o homem foi chamado por Deus para dominar a natureza. Esta visão antropocêntrica implica que a natureza está ali para servir ao homem (RIVERA, 2006). As concepções da natureza refletem a relação da sociedade com a natureza que a cerca, pois historicamente se trata da apropriação da natureza e de seu significado funcional para a sociedade.

Essa visão também se reflete na separação entre a Geografia Física e a Geografia Humana, que também pode ser entendida como uma Geografia sem homem e uma Geografia sem espaço. Esses dois paradigmas em Geografia geraram frequentemente uma concepção confrontada, contraditória e oposta que levou a

trabalhar com diferentes metodologias e diferentes objetos de estudo em estudos sociais ou naturais.

Essa realidade da Geografia tem sido utilizada para justificar a clássica separação, gerando e reforçando uma dicotomia nesta ciência, que afeta todo o conhecimento geográfico (CARTAYA, 2014). Até hoje essa dicotomia é encontrada em muitas pesquisas geográficas e a produção de discursos sobre o espaço é definida com base nessa separação. Por exemplo, de uma visão naturalista, a produção discursiva sobre o manejo de áreas para a conservação dos recursos naturais exclui os grupos sociais que ali se desenvolveram, promovendo uma abordagem protecionista. A partir de uma visão antropocêntrica, ela se concentra no uso social de um recurso ou uma área, promovendo a conservação da capacidade produtiva dos ecossistemas para manter os níveis de colheita, mas sem considerar o funcionamento global do sistema ambiental.

Essas abordagens na geografia clássica geram uma fragmentação no momento da análise, o que leva a complicações ao trabalhar os problemas que a sociedade tem que enfrentar em seus ambientes, uma vez que as análises devem ser necessariamente mais complexas e as interrelações de seus componentes em diferentes níveis escalares devem ser abordadas.

Partir de uma conceituação dualista, muitas vezes, é entendido como um problema – o natural. Tal é o caso da abordagem de fenômenos naturais como os eventos extremos, que são em sua maioria definidos como "desastres naturais", isso implica uma conceituação antropocêntrica que valoriza o evento com uma conotação negativa relacionada ao natural e à vulnerabilidade de uma sociedade diante de um evento extremo (ROMERO; MASKREY, 1993).

A ruptura dessa construção dualista faz parte de uma nova perspectiva geográfica ambientalmente crítica, que redefine a relação sociedade-natureza, enfatizando as questões ambientais com uma visão holística, articulando as relações entre sociedade e natureza, gerando transformações em ambas as esferas (ACHKAR ET AL., 2011; BOCCO; URQUIJO, 2013; LORDA, 2011). Essa nova abordagem está relacionada à crise de nosso tempo, a crise ambiental, que mostra novos limites, que

leva a repensar o mundo com suas complexidades e abre novos caminhos para a reconstrução e reapropriação conceitual. (LEFF, 2007).

Nesse contexto, o meio ambiente surge de um discurso científico e político com uma ressignificação do mundo, seu desenvolvimento e a compreensão das relações sociedade-natureza, já que procura reintegrar as variáveis de uma realidade complexa. É definido como um pensamento de complexidade que se abre para um diálogo de conhecimento e reflete um processo entrelaçado do real e do simbólico em diferentes racionalidades, visões e perspectivas que são mobilizadas por diversos interesses sociais (LEFF, 2005).

Como Radcliffe (2010) argumenta, o conhecimento geográfico não foi concebido para simplificar o mundo, mas para refletir sua complexidade. Diante das questões espaciais contemporâneas e suas conseqüências, os objetivos e conteúdos a serem investigados devem ser continuamente repensados. As questões-chave que estão sendo progressivamente integradas na análise da Geografia são riscos e vulnerabilidade, biodiversidade, sua distribuição e planejamento, uso do solo e suas transformações, gestão de bacias hidrográficas, etc. (BOCCO; URQUIJO, 2013).

Portanto, a Geografia se concentra na análise das interrelações que são geradas em um espaço específico entendendo a questão ambiental como o novo paradigma de abordagem, utilizando o conceito de sistema ambiental, conceituado como “sistemas complejos que incluyen elementos del medio físico, biológico, social, económico y político institucional, cuyas características varían según distintas escalas espaciales y temporales.” (ACHKAR ET AL., 2010, p.1). Estes elementos que interatuam, alimentam dinâmicas de conflito e de retroalimentação que fazem evoluir o estado do sistema em direção a graus maiores ou menores de equilíbrio e entropia. Os sistemas estão em permanente auto-organização e transformação como produto das interações entre os vários elementos (GAZZANO; ACHKAR, 2013).

No Uruguai, desde os anos 90, o pensamento geográfico ambiental tem sido explicitamente discutido, consolidando-se junto com a institucionalização do paradigma das Ciências Ambientais, na qual a Geografia contribui com a análise da conformação de territórios e ambientes. A fim de compreender as transformações territoriais e ambientais, a análise geográfica adotou uma visão trans-escalar e

começou a gerar relações entre a academia e os espaços sociais de resistência, uma vez que:

“En el contexto neoliberal de fines del siglo XX y principios del siglo XXI, la degradación de los bienes de la naturaleza, la privatización de servicios públicos, las transformaciones territoriales en el medio rural por la implantación de monocultivos de exportación, extranjerización de la tierra, e implantación de infraestructuras, fueron procesos que sacudieron a la sociedad uruguaya y que requirieron del abordaje geográfico desde un nuevo paradigma interpretativo, no solo a escala nacional, sino también regional.”  
(ACHKAR ET AL., 2011, p. 87)

O paradigma ambiental crítico no Uruguai surge como uma resposta às necessidades da sociedade, que tem exigido da academia orientações para a solução de problemas empíricos. Essa demanda alimenta a teoria geográfica, a produção de pesquisa e o desenvolvimento do ensino. Isso gerou uma releitura do conceito de território, entendido como uma categoria central, focalizando sua produção a partir do espaço que traz em jogo uma série de relações que estão inscritas em um campo de poder (RAFFESTIN, 1993). Assim, o território é construído social e historicamente, pode ter um caráter material e/ou imaterial, é multidimensional e multiescalar, além de conter, também, aspectos de identidade como as relações de poder (GALARZA, 2019; HAESBAERT, 2004).

A realidade uruguia exige uma Geografia que analise a realidade nacional e regional com o objetivo de transformá-la e não apenas descrevê-la e, para isso, a partir da geografia crítica do meio ambiente, entende-se necessário gerar propostas. A abordagem geográfica ambiental entende que é necessário analisar não apenas os fatos, mas também os processos, dinâmicas e estratégias que marcam profundamente os territórios latino-americanos e, que esses processos são multi-escalar e multidimensionais, reconhecendo o potencial das sociedades latino-americanas para repensar e projetar outras grafias, aumentando a liberdade da sociedade e soberania.

Aprender a conhecer essa complexidade ambiental também inclui revolucionar o pensamento, mudar mentalidades, transformar conhecimentos e práticas, construir novos conhecimentos e racionalidades para um mundo sustentável, democrático e

eqüitativo (LEFF, 2007). Isso contribuiria para uma interpretação territorial dos efeitos das crises ambientais e a geração de novos paradigmas e novas categorias, procurando explicar o dinamismo da realidade territorial contemporânea (ACHKAR ET AL., 2011). Assim, foram feitos progressos no processo de redução da distância entre a dimensão social e a dimensão biofísica, reforçando uma análise holística do sistema ambiental, uma vez que se entende que os problemas ambientais não podem ser resolvidos se a dimensão social for separada da dimensão biofísica.

Nesse contexto, a abordagem crítica geográfica e ambiental apresenta uma nova conceituação da relação entre a sociedade e a natureza nos estudos de proteção de determinadas áreas. Assim, a partir de uma versão holística, na qual o ambiente forma o novo objeto de estudo, uma propriedade natural a ser protegida faz parte de um sistema mais complexo, e está interrelacionada com muitas variáveis, sendo necessário integrar todos os componentes do território e, a sociedade local também deve ser contemplada.

Ao estudar os ecossistemas "naturais" como as zonas úmidas e a construção de critérios para sua proteção, entende-se que para avançar em direção a uma situação sustentável, é necessário entendê-los como um sistema com muitas interações e variáveis, no qual a população desempenha um papel fundamental no funcionamento desses territórios. Todos os ecossistemas são atualmente modificados socialmente (CAPEL, 1998), são claramente parte dos sistemas ambientais. Esse impacto também é mostrado em sistemas de zonas úmidas, onde mais de 50% foram perdidos no século passado e os menos afetados sofreram degradações de diferentes magnitudes causadas por atividades antropogênicas (ALFONSO MARTINEZ; MATEO RODRIGUEZ, 2015).

As zonas úmidas são sistemas altamente dinâmicos, caracterizados por regimes de alta energia, heterogeneidade de habitat e uma grande diversidade de processos ecológicos (NAIMAN ET AL., 2005). São sistemas de transição entre ecossistemas aquáticos e terrestres que permanecem inundados durante grande parte do ano (ACHKAR ET AL., 2016a). Eles ocupam entre 4% e 6% da superfície global e sua importância é cada vez mais compreendida, devido a suas paisagens produtivas, conteúdo biológico, vulnerabilidade à mudança climática e adaptação ao regime hidrológico (SECRETARÍA DE LA CONVENCION DE RAMSAR, 2010).

Embora durante muito tempo tenham sido entendidas como terras improdutivas, através de ações de drenagem, enchimento e modificação do lençol freático, foram posteriormente utilizadas para a atividade agrícola.

A diminuição da área das zonas úmidas foi de grande magnitude, principalmente em territórios industrializados, resultando na perda de reservas de águas subterrâneas, aumento das inundações, destruição da linha costeira, acúmulo de poluentes e desaparecimento da biodiversidade associada a esses ecossistemas (MATTHEWS, 2013). A expansão agrícola contínua, a construção de barragens, a canalização e dragagem de rios, a irrigação em larga escala, os desvios de rios, a derrubada de florestas, a extração de recursos silvestres, assim como a construção de infraestrutura, a poluição urbana e industrial continuam sendo as principais ameaças a esses ecossistemas vulneráveis (EEM, 2005). A urbanização como mudança no uso da terra não é um processo menor, como argumentam Bhaduri et al. (2001), ela tem um grande impacto sobre a hidrologia e um custo enorme para tratar e reduzir os efeitos negativos da mudança no uso da terra.

Nos territórios urbanos, a mesma dualidade da relação entre a sociedade e a natureza é mostrada com freqüência. Os espaços urbanos se estendem por zonas úmidas sem levar em conta o(s) ecossistema(s) que destroem. As conseqüências mais óbvias são os eventos de enchentes que afetam a população local.

Diante da mudança climática, tanto a zona úmida quanto a população local, tornam-se mais vulneráveis, os eventos de enchentes provavelmente aumentarão e as funções do ecossistema diminuirão (JHA ET AL., 2012; XIAO ET AL., 2016). Uma tendência que é atualmente observada e estudada por vários cientistas, prevê para o futuro um crescimento severo de eventos extremos, aumentando o risco para as populações locais (BIDEGAIN ET AL., 2017; LAL ET AL., 2018; SANTELICES; ROJAS, 2016).

O aumento das inundações devido ao transbordamento de cursos d'água é o resultado de chuvas fortes ou contínuas, mas também pode ser o resultado de outros fatores como a redução da capacidade de infiltração do solo, impermeabilização e/ou saturação do lençol freático, questões diretamente relacionadas ao uso do solo (FERREIRA; ROBAINA, 2012; GARCÍA ET AL., 2018). Isso leva a um aumento na freqüência de inundações nas planícies e, mais riscos para o desenvolvimento de

atividades vulneráveis, que podem desencadear problemas no funcionamento do ciclo hidrológico e no ambiente em geral, bem como para atividades antrópicas nessas áreas e suas adjacências (OEA, 1993). A conservação de áreas de transbordamento natural e áreas tampão de cursos d'água (como as zonas úmidas) torna-se, portanto, muito importante para melhorar a situação da população local diante dos eventos de enchentes.

Gradualmente vem sendo reconhecido, nas pesquisas sobre áreas de inundação, que as interrelações com o ambiente local não devem ser deixadas de lado. A análise do sistema ambiental em áreas propensas a inundações deve necessariamente considerar, do ponto de vista espacial, a bacia hidrográfica com os atributos de sua estrutura física e social e as dinâmicas hidrológicas, biogeoquímicas, socioeconômicas, culturais e políticas que se desenvolvem nelas.

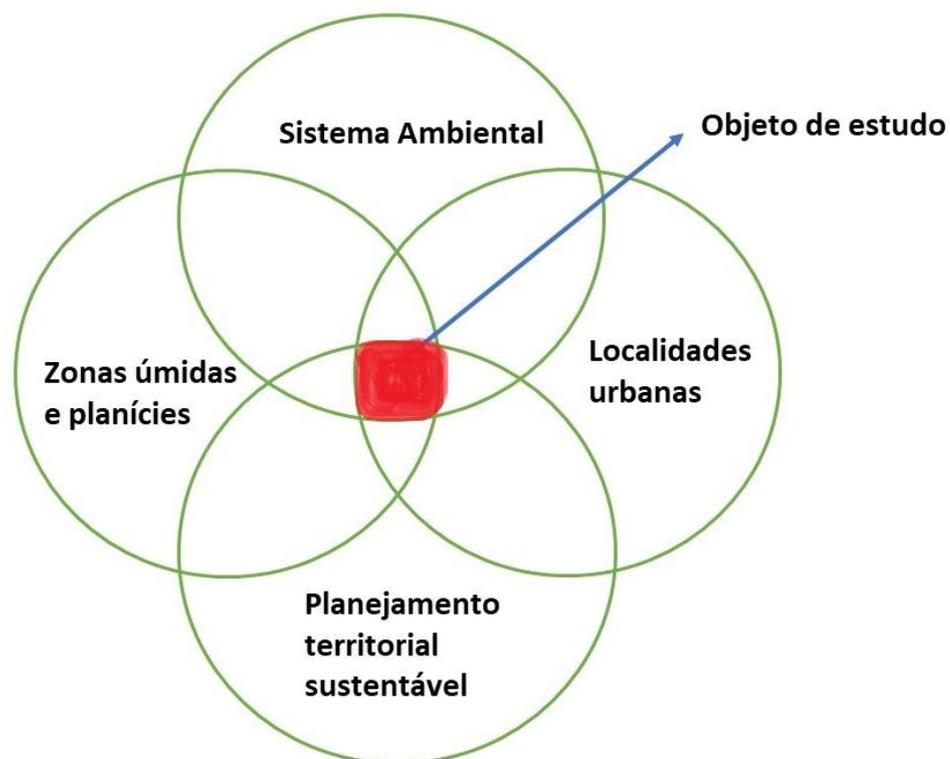
No processo de urbanização no Uruguai, muitas áreas úmidas se tornaram parte de territórios urbanos (SCHÖN ET AL., 2018). O permanente avanço da superfície utilizada para construção e a falta de planejamento adequado, gera poluição com efluentes e resíduos urbanos, além de se tornarem sistemas agressivos para os bens naturais em seu ambiente (MARTI I RAGUÉ, 2003). Essa ameaça é recíproca à medida que ocorrem cada vez mais enchentes em áreas urbanas, afetando a população local. As pessoas que vivem em planícies aluviais ou áreas costeiras são geralmente as mais vulneráveis, especialmente quando suas economias estão relacionadas a recursos sensíveis ao clima, como a agricultura (CONDE-ÁLVAREZ; SALDAÑA-ZORRILLA, 2007; HARDOY; PANDIELLA, 2007).

Portanto, para gerar critérios de gestão sustentável, é importante reavaliar essa conexão entre zonas úmidas, áreas alagadas e processos urbanos, interações que devem ser consideradas a fim de elaborar contribuições para a sustentabilidade dos espaços urbanos.

Entende-se que a inundação em áreas urbanas é um problema nacional, pois é um risco tanto para a população local quanto para as áreas úmidas, que são de enorme importância biológica em nível global. Portanto, essa tese investiga a interação de áreas úmidas e áreas urbanas no Uruguai, destacando a importância das áreas úmidas e suas várzeas no planejamento do uso do solo a partir do exemplo de inundação em áreas urbanas (Figura 1). O estudo dessa interrelação é especialmente

estratégico para o Uruguai, pois a gestão dos ambientes de zonas úmidas está em seus estágios iniciais, com a elaboração recente do inventário de zonas úmidas (MVOTMA, 2016). Portanto, é um momento importante para discutir os critérios que devem ser levados em conta para proteger as áreas úmidas, especificamente em sua interação com os territórios urbanos.

Figura 1- Objeto de estudo



Fonte: Elaboração própria

### 1.1. OBJETIVO

Fornecer elementos teóricos, metodológicos e operacionais para a avaliação dos sistemas ambientais resultantes da interrelação entre os ecossistemas de zonas úmidas e as localidades urbanas do Uruguai, propondo critérios para servir como contribuição para o ordenamento sustentável, com base em estudos de caso.

### Objetivos específicos

1. Identificar as localidades urbanas afetadas pelas inundações em nível nacional.
2. Caracterizar a população afetada pelas enchentes em toda a República Oriental do Uruguai.
3. Identificar e caracterizar padrões espaciais na escala nacional dos sistemas ambientais, resultantes da interrelação entre as zonas úmidas e a localização de assentamentos urbanos em áreas alagadas.
4. Definir estudos de caso, com base no padrão espacial e analisar através de um estudo sócio-territorial as localidades urbanas selecionadas.
5. Definir qual é a escala apropriada de análise para propor critérios para o ordenamento do uso do solo urbano.

### 1.2. O DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

O próximo capítulo do documento discute as origens da cidade em áreas de inundação, localidades no Uruguai, zonas úmidas e planícies alagadas, mudanças climáticas e enchentes em áreas urbanas.

O terceiro capítulo apresenta o área do estudo e o quarto a metodologia a ser desenvolvida para alcançar os resultados, no qual, em princípio, a interação entre zonas úmidas e áreas urbanas no Uruguai é investigada quantitativamente. Identificamos e caracterizamos as localidades e a proporção da população que é afetada a nível nacional por eventos de enchentes, ligados a ambientes úmidos, analisando a localização desses processos e sua distribuição espacial no território nacional, a fim de identificar e caracterizar padrões espaciais no processo de inundação em localidades urbanas.

Um quinto capítulo identifica as localidades urbanas dentro das áreas úmidas em nível nacional e determina a população potencialmente afetada pelas enchentes. Em seguida, identifica um padrão espacial de cidades que estão ameaçadas por enchentes. São identificadas localidades urbanas que, devido às suas características

de inundação e sua localização em grande parte dentro de áreas úmidas, constituem os estudos de caso. Os resultados desse capítulo foram apresentados no XII Colóquio Bienal sobre Transformações Territoriais do AUGM em 2018 sob o título “Interacciones espaciales entre áreas urbanas y humedales en Uruguay”, como no XVII Encontro de Geógrafos da América Latina em 2019 sob o título “Una espacialización de riesgos de inundaciones en áreas urbanas en Uruguay”. Além disso, foram publicadas na revista Geo UERJ, n.33, Jul/Dez 2018 sob o título “Distribución territorial de áreas urbanas en zonas de humedales en Uruguay”, co-autoria com a Dra. Ana Domínguez e o Dr. Marcel Achkar.

Os capítulos seis, sete e oito são desenvolvidos sobre os estudos de caso da Bacia hidrográfica do Rio San José e San José de Mayo, a Bacia hidrográfica do Córrego Cuñapirú e a cidade de Rivera, e a Bacia hidrográfica do Rio Yí e a cidade de Durazno. A bacia hidrográfica, a cidade, as zonas úmidas e as inundações são caracterizadas e as possíveis causas e a gestão atual da situação são analisadas. Os estudos de caso são escolhidos para entender em maior profundidade os processos de ocupação urbana em áreas úmidas. A fim de poder gerar critérios, a partir da cidade e de seus processos de urbanização, para a proteção das áreas úmidas. Os resultados do capítulo cinco da Bacia hidrográfica do Rio San José foram apresentados no X Congresso da Rede Latino-Americana de Ciências Ambientais em 2020 sob o título “La Cuenca del Río San José e inundaciones” e está atualmente sob revisão por pares sob o título “Causas de eventos de inundación en la ciudad de San José de Mayo, Uruguay”.

O nono capítulo discutirá todos os resultados obtidos com os estudos de caso ao longo do trabalho de pesquisa. E finalmente, o capítulo dez apresenta as conclusões finais, no qual é apresentada uma síntese de todo o trabalho, respondendo ao problema central da pesquisa, considerando se os objetivos propostos foram alcançados.

## 2. QUESTÕES CONCEITUAIS

Esse capítulo apresenta as principais contribuições teóricas que são entendidas como importantes para o desenvolvimento da pesquisa, a fim de reavaliando as conexões entre os procesos urbanos e su ordenamento territorial, as áreas úmidas e a mudança ambiental global. Os conceitos são abordados de uma forma mais geral e em uma etapa seguinte é feita uma conexão com a área de estudo - Uruguai.

### 2.1. ORIGEM DA CIDADE EM ÁREAS PROPENSAS A ENCHENTES

O evento mais importante, anterior à formação das cidades, foi sem dúvida o desenvolvimento da agricultura sedentária (principalmente para a produção de cereais). Quando uma produção alimentar suficiente, além de excedentes, foram alcançados, foi possível criar assentamentos maiores e nem toda a população se dedicou à produção direta de alimentos.

As primeiras cidades foram fundadas com pessoas dedicadas ao artesanato especializado e outros trabalhos não-agrícolas, formando as primeiras comunidades urbanas (JOHNSON, 1974). Estima-se que as cidades mais antigas foram criadas em 3.500 anos a.n.e., nos vales do Tigre e do Eufrates, em uma região de imbricação, na qual foram gerados contatos entre povos de diferentes culturas e uma riqueza de ofícios e técnicas, de modo que os assentamentos rurais na Mesopotâmia foram transformados nas primeiras cidades (SJOBORG, 1965).

Embora diferentes formas de cidades tenham sido geradas, dependendo da cultura, em suas características elementares são identificadas e distinguidas outras formas de habitar (VIGLIOCCO, 1995). Os primeiros assentamentos urbanos foram formados em lugares em que o clima não afetou negativamente, havia um clima seco, muitos dias de sol e invernos amenos, sendo possível renovar o solo para o plantio, bem como a presença de água. A abundância de água era um fator muito importante para os assentamentos urbanos, para a irrigação e transporte de culturas, mas também para o consumo humano (DIAZ, 1976).

No estudo das cidades, a descrição do ambiente é importante para entender os processos de crescimento e sua função. Existem certas condições naturais que

podem determinar o crescimento de uma cidade, dependendo das técnicas utilizadas em certos momentos históricos. As relações que são geradas entre a própria cidade e o ambiente natural que a cerca são interessantes, tanto em escala local quanto regional. A localização de uma cidade depende de sua função no momento histórico. Nos tempos antigos, a boa comunicação com o campo ao redor era importante, assim como manter um olho no horizonte, devido aos agrupamentos patriarcais que eram distribuídos regionalmente (GEORGE, 1977).

A partir da Idade Média, o comércio e a comunicação começaram a ser mais importantes e as redes naturais de comunicação foram procuradas. As cidades estavam localizadas em lugares mais acessíveis, com o tempo, o avanço do comércio local e a expansão para longas distâncias, aumentaram as urbanizações, até que uma importante rede de muitas pequenas cidades foi gerada pela Europa central e ocidental. Sua função estava relacionada ao comércio e ao artesanato e suas ligações com um núcleo defensivo e administrativo (JOHNSON, 1974).

Na Europa, a urbanização é antiga, foi acompanhada por avanços tecnológicos e as redes urbanas foram sendo organizadas lentamente, contudo esse processo foi acelerado durante a fase de industrialização (SANTOS, 1981). Como consequência, a maioria das cidades da Europa está localizada perto de rios. Muitas vezes o rio formava o limite de diferentes territórios, uma fronteira que impedia a passagem, sendo um obstáculo para as relações geográficas e um ponto de vigilância fortificada. No caso de ter uma ponte, a cidade tinha não só o dever de controlar a passagem do inimigo, mas também de impedi-la.

A maioria das cidades com pontes foi fundada em lugares onde, por causa de suas condições naturais, era o melhor lugar para atravessar o rio. Quando ambas as margens do rio pertenciam à mesma comunidade, a organização da cidade era geralmente definida por especialização funcional. Nas partes superiores estavam as defesas da cidade, a classe dominante e a administração da cidade, e nas partes inferiores o mercado, as oficinas e, mais tarde, a indústria. A localização da população vulnerável em áreas de maior risco devido a eventos naturais extremos é algo que pode ser observado no mundo inteiro desde o início da urbanização (ADGER, 2006).

Diante da revolução industrial, devido à presença de certos recursos naturais, tais como combustíveis sólidos, é encontrada uma nova localização da cidade. Embora, até hoje, a circulação e o intercâmbio de mercadorias seja mais importante do que a presença de recursos, o transporte também avançou nessa área, pois gerou uma transferência em massa de matérias-primas, produtos energéticos e produtos manufaturados. É por isso que cidades que estavam localizadas em uma concentração de fluxos de tráfego foram favorecidas no passado.

Um dos locais mais frequentes era o cruzamento de estradas, o mercado se desenvolveu em várias direções e a urbanização prosperou como um todo, quanto melhores as estradas e quanto mais transporte tinham, menos caro era o seu desenvolvimento. Para esse processo também foi importante a presença de uma administração central, que garantiu os eixos de passagem. O cruzamento está localizado, principalmente, em vales ou também em interflúvios, em uma planície ou platô com relevos pouco diferenciados, que foram formados pela concentração de rotas naturais (GEORGE, 1977). Mais recentemente, os canais, ferrovias e rodovias/estradas seguem a mesma lógica para explorar as condições naturais. No passado, e muitas vezes até hoje, as comunicações naturais têm sido o principal sistema de organização territorial.

### **2.1.1. Cidades coloniais na América Latina**

Os europeus começaram a levar seus modelos de organização urbana para a América a partir do século XV, impondo um modelo urbano como um processo de dominação e colonização sobre as populações locais. Núcleos funcionais e residenciais foram criados, dos quais a exploração das riquezas das colônias foi dominada e, depois, levada para a Europa. A função das colônias, da exploração dos recursos e de seu transporte para a Europa, gerou principalmente centralizações nas cidades portuárias. Com o tempo e com a permanência nos territórios da América, cidades maiores se desenvolveram com uma expansão de funções (JOHNSON, 1974; MARTORELLI, 1969).

A base de todas as urbanizações sob a coroa espanhola foram as Leis das Índias que unificaram as políticas sobre a construção de novas cidades e regulamentaram a vida social, política e econômica nas colônias. Eles definiram a

importância e os eixos de desenvolvimento, sem levar em conta as urbanizações e as populações que habitavam esses territórios. Nesse contexto, o decreto europeu recomendava a construção de centros urbanos próximos a rios navegáveis para acesso, comércio, governança e defesa, pois era estratégico para a colônia poder extrair recursos naturais, enviá-los para a Europa e se defender contra a população local e/ou outros reinos (VIGLIOCCO, 2008).

Desde o início das colônias, o preço da terra diminuiu significativamente do centro para a periferia das localidades, e desde então a especulação imobiliária influencia o desenvolvimento das cidades em toda a América (GEORGE, 1977). O interesse especulativo da classe dominante em terrenos, a falta de uma política habitacional e técnicas de construção, muitas vezes inadequadas, sempre estiveram presentes.

O processo de desenvolvimento das cidades teve um crescimento acelerado sem um planejamento adequado, e é por isso que espaços mais vulneráveis foram ocupados mesmo diante dos processos de risco natural. Essa ocupação, em geral, se deu por setores sociais com pouco poder econômico, o que intensificou a vulnerabilidade urbana a eventos naturais extremos (HARDOY; PANDIELLA, 2009; ROBAINA, 2008). Isso nos mostra que desde o início da colônia tem havido processos de desigualdade nas cidades, nos quais os efeitos de eventos naturais extremos desempenham um papel importante, pois agravam a vulnerabilidade de alguns setores da população.

### **2.1.2. Desenvolvimento de cidades no Uruguai**

A sociedade urbana no território uruguaio, como a conhecemos hoje, surgiu com as colônias dos portugueses e espanhóis que ali se estabeleceram (MARTORELLI, 1969). Pouco se sabe sobre as populações que antes habitavam esses territórios, já que todas as informações existentes são escritas ou comentadas pelos conquistadores, de um ponto de vista eurocêntrico. O que se sabe é que nos tempos antigos as populações indígenas não construíam cidades de grande magnitude, pois eram nômades e viviam da caça e de culturas primitivas de forma sustentável em seu território.

Provavelmente, diferentes grupos habitavam o território em diferentes épocas, alguns deles em paralelo, trocando produtos. Os povos indígenas mais conhecidos, pela colônia, eram os Charrúas. Com a invasão colonial, o modelo de vida dos nativos mudou abruptamente, com a introdução do gado eles foram forçados a entrar no sistema dos conquistadores, e seu trabalho foi pago com mercadoria. Muitos seguiram sua tradição de caça e começaram a caçar o gado das colônias, o que gerou conflitos com os colonos. Gerando também uma forte dependência e uma perda cultural em todas as dimensões por parte dos povos indígenas (HUGARTE, 1969).

Em 1680, a Colônia do Sacramento foi fundada como a primeira cidade portuguesa no território. A história da Banda Oriental do Uruguai começa com a colonização do Vice-Reino do Rio de la Plata. O Uruguai desde suas origens coloniais tem sido um país entre dois grandes e poderosos vizinhos, um território "tampão", as fundações das cidades têm sido de caráter administrativo e geopolítico dos impérios rivais presentes.

A coroa espanhola sentiu a necessidade de marcar território contra os lusitanos e precisava de um porto para monitorar o que circulava no Rio da Prata e levar para a Europa o que era produzido na "vacaria do mar"<sup>1</sup>. A primeira cidade espanhola San Felipe e Santiago de Montevideu foi fundada entre 1724-1730, junto a uma baía natural, que por sua localização já auxiliava no controle do trânsito através do Rio da Prata e servia como um porto para embarcações marítimas para a Europa.

O território foi reivindicado tanto pelos espanhóis quanto pelos portugueses durante muito tempo (BARACCHINI; ALTEZOR, 2008). Foi uma decisão política, administrativa, mas também militar, criar assentamentos urbanos no território, como *hinterland* da cidade portuária, que estava se expandindo para o norte para marcar presença no território em frente ao país vizinho (RIAL; KLACZCO, 1981). Em 1833, um genocídio indígena foi realizado de forma organizada no território, de modo que

---

<sup>1</sup> No início da colonização as terras do Uruguai não eram valorizadas, pois não havia depósitos importantes de metais preciosos, mas eram vistas como terras sem nenhum lucro. Com o tempo estas terras prósperas foram valorizadas com uma abundância de cursos d'água e de grande benefício para o gado e um "grande laticínio do mar" foi instalado para o abastecimento europeu de couro, sebo e carne seca com um importante porto na cidade de Montevideu (ACHKAR ET AL., 2016a).

os povos nômades que habitavam essas terras foram dizimados (LÓPEZ, 2018) e a Banda Oriental consolidou seu território, também frente aos portugueses.

Até a década de 1860 todas as capitais de departamento foram fundadas pela expansão populacional do país, estando correlacionada com a exploração pecuária e, até hoje, mostra sua origem relacionada com a colônia espanhola, que projetou as cidades com base nas Leis das Índias (MORÓN, 1946). A centralização que foi gerada desde a época colonial na capital do porto de Montevideu está presente até hoje em muitas áreas e é difícil de ser revertida.

Na Banda Oriental, na época, não havia estradas fixas ou grandes infraestruturas, porque não era necessário para a exploração, nem foram geradas importantes redes de comunicação entre os assentamentos coloniais. A principal rota de abastecimento era o mar e, para mover-se no território, era utilizado o carroça e o cavalo. Os lugares nos quais a população rural se estabeleceu estavam nas proximidades das "pulperías", capelas ou vaus importantes (RIAL; KLACZCO, 1981). Isso nos mostra que também no Uruguai, desde seu início, as localidades urbanas foram fundadas perto de rios e onde, provavelmente, já se encontravam em áreas úmidas.

A entrada da ferrovia em território uruguaio, com uma importante presença de empresas coloniais inglesas, gerou a possibilidade de transportar mercadorias para os portos de forma mais rápida. Além disso, conseguiu a conexão de localidades urbanas e gerou uma rede hierárquica, na qual Montevideu sempre se destacou. A ferrovia foi a força motriz para a fundação de várias cidades ao redor dos trilhos e favoreceu o crescimento dos centros urbanos já existentes, mas não afetou a hierarquia previamente estabelecida.

As rotas nacionais foram construídas com a mesma lógica, todas as estradas convergiram em Montevideu, uma cidade com um porto para a exportação de recursos naturais. Nos tempos modernos, a rede urbana foi consolidada em todo o território nacional, fortalecendo a centralização em Montevideu e baseada na rede de transporte rodoviário e ferroviário (RIAL; KLACZCO, 1981). A expansão urbana e o avanço na consolidação sobre as áreas adjacentes das cidades/cidades fundadas

pode ter aumentado o risco das localidades de inundação devido à sua localização em si mesmas.

## 2.2. CIDADES HOJE

Atualmente, o Uruguai é um dos países mais urbanizados do mundo, de acordo com o INE, cerca de 95% da população vive em áreas urbanas (INE, 2011). Uma tendência que já começa a aparecer no início do século XX, em que 45% da população vivia em áreas urbanas, naquela época, na maioria dos países vizinhos a população urbana chegava a 10% (MARTÍNEZ; ALTMANN, 2015). A população urbana predomina sobre a população rural e sua concentração está localizada nas capitais dos departamentos, mas uma distribuição espacial muito desigual pode ser observada, já que a maioria delas está historicamente localizada no sul do país. Montevideu e sua área metropolitana respondem por quase 60% da população, e só Montevideu abriga 40% da população total. Durante muito tempo, na literatura, o termo país da concha foi usado, pois havia uma tendência de esvaziar o centro e urbanizar as periferias costeiras (ACHKAR ET AL., 2016a).

Na modernidade, houve diferentes momentos que marcaram o desenvolvimento das cidades no Uruguai, em sua maioria implementados pelo Estado, afetando principalmente Montevideu por ser a própria capital centralizada que abriga a maior parte da população nacional. Um desses momentos foi a Lei de Higiene Habitacional de 1928, que afetou a habitação em toda a cidade, começaram a aparecer com ênfase na luz solar, ventilação e áreas mínimas de vida por família, o que melhorou muito a vida diária da população em suas casas e a situação de higiene e saúde da população (CORTAZZO, 1996).

Com a Lei de Propriedade Horizontal de 1946, foi feita uma tentativa de densificar o tecido urbano nas áreas centrais da cidade. Essa lei gerou no eixo centro-litoral em direção ao leste, melhorias na infraestrutura, instalações e valores paisagísticos na parte consolidada da cidade, que foi maciçamente apropriada pelas classes média e alta nos bairros correspondentes, um processo que ainda hoje pode ser observado (CORTAZZO, 1996).

No mesmo ano, foi aprovada a Lei de Centros Municipais, cujo objetivo era regular as tendências especulativas que estavam ocorrendo na divisão territorial, autorizando os governos departamentais a dividir as áreas rurais e classificá-las em áreas urbanas, suburbanas, rurais ou de pomar (MARTÍNEZ; ALTMANN, 2015). Essa lei também menciona, pela primeira vez, o problema dos eventos de enchentes e estabelece que as habitações devem estar a mais de 50 cm acima do nível do maior evento de inundação conhecido. A exigência de estabelecer critérios para a criação de assentamentos, tais como acessibilidade, serviços, saúde e equipamentos, busca a ideia de melhorar a qualidade de vida do habitat urbano. Essa lei gerou quase um congelamento da subdivisão na capital e acelerou o processo de metropolização, já que em outros departamentos não eram tão rigorosos e a demanda por terrenos urbanizados se deslocou para departamentos próximos (CORTAZZO, 1996). Esses processos de subdivisão puderam ser observados em todo o país e foram frequentemente realizados com a falta de serviços básicos, o que gerou vulnerabilidade na população, além da dispersão pelas áreas periféricas das cidades consolidadas (MARTÍNEZ; ALTMANN, 2015).

Na década seguinte não havia leis de grande importância para o desenvolvimento urbano, até 1957, quando o Plano Diretor de Montevideu foi posto em prática. Mesmo assim, a cidade se desenvolveu sem planejamento global, embora muitos problemas fossem visíveis e o desenvolvimento urbano fosse percebido como estagnado durante aquela década (VELAZQUEZ, 1996). Esse plano é visto como o predecessor do Plano de Desenvolvimento Territorial e, por causa de sua experiência, também foi prevista uma grande estagnação em seu desenvolvimento.

De acordo com González (2011), até os anos 1960, uma família com renda estável poderia ter acesso à moradia, pagando-a em muitas prestações. A partir daí, começou uma profunda crise econômica e duras medidas de ajuste econômico que geraram a pauperização da classe trabalhadora e da classe média.

Também impulsionado pela Lei de Arrendamentos Urbanos e Suburbanos (14.219) que foi decretada em 1974 e que fazia parte desse desenvolvimento. Essa lei teve um forte impacto na posse de moradias, pois reajustou os preços de aluguel e mudou as regras para despejos, anteriormente alugados por 60% da população uruguaia, muitas vezes a preços abaixo da inflação devido a contratos antigos. Houve

um aumento significativo de despejos na população que não puderam atender aos novos ajustes e como resultado, muitos assentamentos irregulares foram formados, muitas vezes em áreas vulneráveis. A Lei 14.219 foi concebida com a mesma lógica das políticas econômicas neoliberais daquela época, que promoveram um aumento significativo na construção de edifícios (TERRA, 1970). Mas muitas pessoas tiveram que buscar soluções habitacionais na informalidade. Até o final dos anos 1980, os assentamentos irregulares cresceram a um ritmo acelerado, devido ao alto custo dos aluguéis, à falta de acesso a terrenos urbanos e ao crédito.

Anteriormente, em 1968, o Plano Nacional de Habitação (LEI 13.728) foi aprovado com o objetivo de que todas as famílias tivessem acesso a moradia adequada, a fim de enfrentar a situação habitacional daquela época, como estabelecido no artigo 1 daquela lei:

“Toda familia, cualesquiera sean sus recursos económicos, debe poder acceder a una vivienda adecuada que cumpla el nivel mínimo habitacional definido en esta ley. Es función del Estado crear las condiciones que permitan el cumplimiento efectivo de ese derecho.” (LEY 13.728).

A *Federación Uruguaya de Cooperativas de Vivienda por Ayuda Mutua* (FUCVAM) foi fundada em 1970, dois anos após a aprovação da Lei Nacional de Habitação, e foi quando fez suas primeiras experiências no interior do país. Desde então, tem desempenhado um papel de liderança nos processos de urbanização das cidades uruguaias.

O Movimento das Cooperativas Habitacionais de Ajuda Mútua surgiu da necessidade da classe trabalhadora em resolver o problema de acesso à moradia. O movimento, que naquela época lutava pelo acesso à terra e a uma moradia digna, como forma de responder à situação problemática dos sem-teto, critica a Lei Nacional de Habitação, uma vez que ela não previa o acesso à terra. Atualmente a FUCVAM chegou a mais de 500 cooperativas em processo, em construção ou habitadas, possibilitando moradia digna para 22.223 famílias em todo o país (FUCVAM, 2017).

Outro aspecto dos processos de urbanização a nível nacional tem sido a multiplicação de assentamentos irregulares. A luta pela terra das cooperativas, iniciada pela FUCVAM, e a luta dos assentamentos irregulares pela terra tiveram seus

momentos paralelos no processo, embora com métodos e realizações diferentes. A população dos assentamentos irregulares ocupou imediatamente certas terras a fim de habitá-las, e até hoje muitos continuam a exigir sua regularização. Para as cooperativas, a ocupação era parte de uma luta, uma estratégia, um meio e não um fim, gerando pressão sobre o governo para obter uma carteira de terrenos e, assim, acesso à terra. A carteira de terrenos em Montevideu foi criada em 1990, com mais de 400 hectares, para a construção de moradias sociais em terrenos aptos para moradia, um de seus objetivos era a regularização de assentamentos irregulares em terrenos municipais (GONZÁLEZ, 2011).

Ainda assim, tanto as cooperativas habitacionais de ajuda mútua quanto os assentamentos irregulares fazem parte dos processos de urbanização em todo o país, e frequentemente definem e caracterizam as áreas periféricas das cidades. Evidentemente, de diferentes lugares, cooperativas de um lugar regulamentado, com direito de acesso a terrenos adequados para moradia, empréstimos e com possibilidade de obtenção de serviços segurados. Por outro lado os assentamentos irregulares, muitas vezes em terras vulneráveis a inundações, com casas construídas com materiais inadequados e sem serviços.

### **2.2.1. Distribuição espacial nas cidades - Segregação**

A desigualdade social, da qual os diferentes territórios são configurados, é o resultado das relações econômicas, sociais, políticas e culturais, que se expressam no espaço geográfico (MARTINS, 1997; OLIVEIRA, 1998), também é visível no Uruguai.

Um dos conceitos mais utilizados, que trabalha a desigualdade espacial, é a segregação, sendo uma contribuição amplamente utilizada em estudos urbanos (PÉREZ-CAMPUZANO; SANTOS-CERQUERA, 2011). Existem diferentes tipos de segregação, que podem ser manifestados por razões étnicas, raciais, profissionais, de idade, de renda, religiosas, sociais, etc. (SCHELLING, 1971).

Na maioria dos estudos, a segregação se refere ao local de residência, que pode ter causas diferentes. Por exemplo, existe uma segregação residencial socioeconômica, que é entendida como uma manifestação territorial das diferenças

sociais mostradas na distribuição dos grupos sociais em uma proximidade espacial, que é frequentemente reafirmada pela segmentação educacional (RODRIGUEZ; ARRIAGADA, 2004). Segundo Veiga e Rivoir (2001), a segregação não é apenas uma desigualdade social, mas um processo e um resultado de diferenças sociais e espaciais. Portanto, é utilizado o conceito de segregação sócio-espacial, que identifica a distribuição das classes no espaço, mostrando os processos de diferenças sociais em três níveis: “el nivel colectivo de interacción social, el nivel físico-espacial y el nivel de procesos simbólicos y psicológicos que estructuran las conductas individuales” (MACHADO BARBOSA em VEIGA; RIVOIR, 2001: 10).

Muitos estudos de segregação que se concentram na situação e no processo em uma cidade, ou mesmo em um bairro específico, podem ser encontrados em diferentes cidades da América Latina (AUYERO; SWISTUN, 2008; SALCEDO, 2010). Também no Uruguai, os estudos estão localizados em Montevidéu, sua área metropolitana e seus processos de segregação (ÁLVAREZ-RIVADULLA, 2007; CRUZ, 2005; KATZMAN; RETAMOSO, 2007; VEIGA; RIVOIR, 2001), mas não sobre os processos que estão se desenvolvendo no interior do país, que muitas vezes não diferem dos processos experimentados na capital.

No Uruguai, a situação de distribuição espacial da população é o resultado do desenvolvimento urbano sem planejamento, em interação com processos de segregação sócio-econômica residencial, gerando a expulsão e exclusão de parte da sociedade da cidade consolidada. Claramente, uma das causas é a dificuldade de acesso aos terrenos urbanos consolidados, que gera uma crescente segregação residencial em Montevidéu (KATZMAN, 2001), um processo que também pode ser observado no interior do país.

O conceito de segregação sócio-espacial pode auxiliar na compreensão da dinâmica das áreas urbanas em áreas úmidas e sua população, a fim de proteger esses territórios e enfrentar a vulnerabilidade gerada na população que os habita, já que o risco de áreas urbanas devido a eventos de inundações é enfatizado.

### 2.3. PLANEJAMENTO ESPACIAL URBANO

No Uruguai, de acordo com a Lei 10.723 de 1946, e sua modificação 10.866 do mesmo ano, o artigo 1 estabelece que:

“Queda exclusivamente reservada a los Gobiernos Departamentales respectivos la competencia para autorizar toda creación de predios cuando así lo establezcan los instrumentos de ordenamiento territorial y desarrollo sostenible, así como, en todos los casos, para autorizar la subdivisión de predios con destino directo o indirecto a la formación de centros poblados y para aprobar el trazado y la apertura de calles, caminos o sendas o cualquier tipo de vías de circulación o tránsito que impliquen o no amanzanamiento o formación de centros poblados.” (LEY 10.866).

Essa citação mostra que, do lado jurídico, são os governos departamentais que definem quando falamos de centros populacionais e quando uma propriedade é entendida como sendo uma área rural. Desde o tempo dessa lei, a população rural é definida pela exclusão. Além disso, define-se como requisitos necessários para que uma área seja entendida como urbana ou suburbana a existência de água potável, e também estar relacionada às condições do terreno e da área adjacente, como outros serviços essenciais.

No Uruguai, não existe uma definição quantitativa para definir uma localidade urbana. A categoria das localidades urbanas é subdividida por *ciudad* (maior), *villa* (média) e *pueblo* (menor), mas essa classificação não é fechada e não há faixas constitucionais ou legais para diferenciar as categorias. A decisão está no poder dos legisladores de atribuir uma categoria a uma localidade urbana. Na maioria das vezes, a sequência apresentada é mantida, dependendo do desenvolvimento da localidade, mas há várias exceções que não definem quando uma localidade se torna um centro urbano.

Desde 2008, está em vigor a Lei de Gestão Fundiária nº 18.308, que define as subcategorias de terras rurais produtivas ou naturais, terras urbanas consolidadas e não consolidadas, e terras suburbanas, mas não regulamenta a categorização das localidades urbanas e suas subcategorias, vilarejo e cidade. O governo do departamento mantém o poder sobre a atribuição.

Também devido a essa variação de jurisdição, o *Instituto Nacional de Estatística* (INE) trabalha com a nomeação de localidades urbanas, a fim de manter uma categoria estatística, não importando se uma localidade mudou seu nome, já que essa não é uma categoria claramente definida, nem seu tamanho importa, mas inclui todos os centros populacionais, mesmo que sejam muito pequenos, em nível nacional. A população que não reside nas localidades é definida como a população dispersa e ao mesmo tempo é entendida como a população rural do país, com base na categorização do INE (PIÑEIRO; CARDEILLAC, 2014).

Nesse trabalho, é utilizada a categoria de localidade urbana proposta pelo INE, já que não há denominação baseada em quantos habitantes são utilizados para se referir a um centro urbano em nível nacional, e é a única categoria que mantém os mesmos critérios durante o período do estudo. Com base nessa categoria, a situação da população urbana nas áreas úmidas é analisada em nível nacional como um todo.

### **2.3.1. Lei de Planejamento Territorial e Desenvolvimento Sustentável**

O decreto de uso da terra tem seus antecedentes na antiguidade, quando as primeiras normas foram geradas. Devido ao uso espontâneo do solo, sem nenhum planejamento prévio, foi demonstrada uma tendência de exploração irracional dos recursos naturais, juntamente com uma deterioração da qualidade de vida dos habitantes. A consciência de ordenar o território foi estimulada na revolução industrial, em que a explosão demográfica e o conceito de finitude dos recursos naturais, especialmente aqueles ligados à produção de energia, levaram ao desenvolvimento explícito da gestão da terra (CHABALGOITY, 2016).

Nas últimas décadas, as transformações espaciais que estão se desenvolvendo nos territórios locais, regionais, nacionais e globais foram impulsionadas pela expansão e aprofundamento do modelo capitalista, pois suas orientações e estratégias de desenvolvimento econômico e social condicionam a orientação do processo de planejamento territorial. Também no Uruguai, durante muito tempo a gestão do território foi caracterizada pelo pensamento neoliberal, sem ter uma visão para a gestão do território nacional como um todo, mas operando a partir de uma visão e postura fracionada e setorial.

Durante muito tempo, tanto a Lei dos Centros Populacionais de 1946 como a Lei Orgânica Municipal de 1935, definiram assuntos e focalizaram a geração de normas para o fracionamento, a construção e os problemas que surgiram nos centros populosos como, por exemplo, a higiene, atribuindo as competências aos governos departamentais. Ambas as leis tratavam apenas de centros urbanos, nas áreas rurais não havia regulamentação específica e sua transformação não buscava autorizações territoriais. Como consequência, a gestão territorial foi sustentada e apoiada por muitas décadas, em conceitos, instrumentos e práticas de regulamentação urbana (CHABALGOITY, 2016).

Mesmo assim, essas leis são entendidas como os primeiros antecedentes legais da atual lei de planejamento territorial, tendo definida pela primeira uma projeção de portaria no território nacional, que concedeu competências aos governos departamentais para intervir no planejamento de seu território. A Lei 10.723 dos Centros Poblacionais, foi aprovada em abril de 1946 e modificada em outubro do mesmo ano (LEI 10.866). Essa modificação permitiu a geração de "exceções" que determinaram diferentes interpretações do marco normativo e uma diversidade de modalidades de implementação e gestão dos processos territoriais. A autonomia nas decisões não teve nenhuma intervenção do governo nacional, nem de forma articulada nem em coordenação supradepartamental, já que toda competência estava nas mãos dos governos departamentais (CHABALGOITY, 2018).

Durante os anos 1980, na agenda uruguaia, foi gerada a introdução de temas ambientais baseados na agenda das Nações Unidas, atribuindo-lhe progressivamente maior importância. Também nessa década, por exemplo, é gerado o Relatório Brundtland, evidentemente é uma década importante para as questões ambientais. Ao mesmo tempo em que o modelo neoliberal teve um forte impulso, fomentou-se uma discussão sobre questões ambientais a nível uruguaio, juntamente com o retorno da democracia.

Nos anos 1970 foi criado o Instituto Nacional de Preservação Ambiental, a primeira institucionalização de questões ambientais no Uruguai, lidando com grandes problemas ambientais como barragens, procurando soluções de engenharia. E foi ligada ao Uruguai como parte da Convenção Ramsar. Esses esforços dos anos 1980

culminaram em nível nacional, em 1990, com a criação do *Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente* (MVOTMA).

Desde a década de 1990, quando o MVOTMA foi criado, trabalhava-se para desenvolver uma lei nacional de planejamento do uso da terra através da *Dirección Nacional de Ordenamiento Territorial* (DINOT). Assim, foi aprovada em 2008 pelo Senado, a Lei 18.308 sobre Planejamento do Uso da Terra e Desenvolvimento Sustentável (CHABALGOITY, 2018). É somente com essa lei que um novo estilo de gestão territorial é alcançado, com uma visão abrangente, com o objetivo de desenvolvimento sustentável, e a competência das questões ambientais é pasada, pela primeira vez, para o Governo Nacional. O Estado assume um papel de iniciativa na regulação dos processos territoriais de forma democrática, orientada para a prevenção de conflitos e deterioração, marcando um antes e um depois da lei.

Os novos instrumentos de planejamento e gestão ambiental do território estão orientados para a promoção do desenvolvimento social e econômico sustentável, que antes estava ausente. Um papel de liderança é reivindicado pelo Estado no planejamento do desenvolvimento do país, dando valor à ferramenta de planejamento como o instrumento central desses processos.

Essa discussão se deu diante de processos de abertura econômica, integração regional, reformas do Estado e descentralização, com a consciência de que era necessário formular políticas que ordenassem o território e fossem capazes de orientar o desenvolvimento, integrando as mudanças que afetavam o território uruguaio e maximizando seu potencial. Essa lei foi concebida não apenas para o planejamento territorial do país, mas também como uma ferramenta para promover objetivos de desenvolvimento econômico e social no contexto dinâmico de sua concepção (BERVEJILLO, 1994). Mesmo assim, o principal objetivo da Lei é manter e melhorar a qualidade de vida da população, a integração social no território e o uso e exploração ambientalmente sustentável e democrática dos recursos naturais e culturais (Artigo 3º, LEI 18.308).

Mas da mesma forma, na Lei 18.308, como na lei de 1946, a competência exclusiva dos governos departamentais em matéria de planejamento do uso do solo e desenvolvimento de *Planes Locales de Ordenamiento Territorial* (POT) ainda está

em vigor. A lei indica aos governos departamentais a competência para classificar os solos e seus respectivos usos, sua divisão, sua urbanização, a conservação e sua proteção, além de planejar uma projeção estratégica sustentável (LEY 18.308), entre outros. Mas, pela primeira vez, o Estado nacional é reconhecido como tendo a função de planejamento territorial para definir uma estratégia de desenvolvimento que satisfaça os objetivos de desenvolvimento econômico e social sustentável, já que não é possível projetar um planejamento ambiental do território sem pensar em desenvolvimento sustentável. E não é possível promover e regular o uso da terra sem ter uma orientação e objetivos claros para os quais eles devem contribuir. Portanto, os POT's locais devem ser gerados com a presença do Ministério competente do Governo Nacional como um todo, respeitando as normas legais e utilizando os instrumentos indicados (CHABALGOITY, 2016).

Devido à falta de um posicionamento político claro e à ausência de uma estrutura institucional, o processo de implementação e desenvolvimento de uma lei de ordenamento do território no Uruguai foi atrasado. Um processo de abertura começou na definição de novas portarias com uma ideia mais ampla e integrada de território.

A Lei de Planejamento do Uso da Terra e Desenvolvimento Sustentável deve ser entendida em conjunto com a Lei 18.610 de Política Nacional da Água (2009) e, a Lei de Descentralização Política e Participação do Cidadão (2009). Essas novas regulamentações, aprovadas ao mesmo tempo, promovem uma resignificação e revalorização política e social, promovendo um papel para o Estado baseado no interesse geral, levando a um processo de desenvolvimento social e econômico, no qual o planejamento é entendido como um instrumento para esses processos abrangentes e integrativos, com ênfase na participação cidadã (CHABALGOITY, 2016).

Foi somente em 2017 que as diretrizes para o planejamento territorial foram aprovadas, o que sublinha a novidade dessa lei é que ela é parte de uma discussão que ainda está em desenvolvimento. Como resultado das deficiências políticas e institucionais do Estado para a promoção e implementação de uma organização do território nacional, foi facilitado e permitido que as decisões e iniciativas setoriais, tanto públicas quanto privadas, fossem moldando com peso decisivo, a atual organização do território nacional. Portanto, a atual distribuição da população e usos do território é

a resposta a um conjunto de ações e decisões sobre formas de uso, ocupação e transformação do território e seus recursos, adotadas por atores e instituições, públicas e privadas, de forma setorial e não necessariamente coordenada (CHABALGOITY, 2018).

A nível departamental, Montevideú forma uma exceção, já que o departamento teve uma projeção urbana, também, para além de sua área urbana – fato que gera os primeiros antecedentes a nível nacional em matéria de planejamento. Montevideú é a primeira cidade que projeta seu desenvolvimento e levanta seu POT entre 1998 e 2005, fornecendo os eixos de desenvolvimento da capital, como instrumento de requalificação urbana (SCHELOTTO ET AL., 2014). O POT deve orientar investimentos de capital, atividades e suas localizações, com o objetivo de desenvolvimento sustentável, evitando o desperdício no uso da terra e de outros recursos naturais ou culturais. Como em qualquer processo de planejamento, é necessário um sistema permanente de monitoramento e controle para garantir a validade dos meios de ação para cumprir os objetivos propostos, fornecendo um conjunto de mecanismos para o cumprimento de suas funções (CHABALGOITY, 2016).

O processo contínuo de urbanização e desruralização é um fato evidente e afeta as diversas áreas territoriais, gerando uma tendência de crescentes desequilíbrios sócio-territoriais em termos de distribuição da população e de suas atividades. Além disso, é possível observar uma exploração dos recursos naturais que, como um todo, limitará no futuro a sustentabilidade a longo prazo de qualquer política de desenvolvimento social e econômico que seja promovida (CHABALGOITY, 2016).

Até hoje, a falta de planejamento está presente em todo o território nacional, analisando a forma de uso e ocupação, os problemas são evidentes na crescente deterioração, tanto do habitat social urbano quanto rural, e na degradação dos ecossistemas em nível nacional. Os fatores socioeconômicos condicionantes muitas vezes impedem a possibilidade de encontrar respostas adequadas aos problemas mencionados, já que as pressões internas e externas limitam a ação (CHABALGOITY, 2018).

Na época da fundação das localidades não existiam ferramentas para a projeção das cidades, muitas delas estão atualmente em processo de fazer seus próprios POT's. Vários problemas podem ser observados nas cidades devido à falta de planejamento, por exemplo, na falta ou insuficiência de uma rede de saneamento, o que gera inundações evitáveis em áreas urbanas. A maioria dessas instalações não é feita antes do processo de urbanização, o que implica em grandes custos para as autoridades departamentais, já que a instalação tardia é muito cara, os custos são calculados entre 50% a 70% a mais no caso de uma instalação de serviços após a ocupação do terreno (MARTINEZ, 2014). Além disso, em muitos casos a urbanização é desenvolvida em locais, que não são adequados para a instalação de moradias, em geral isso afeta a população vulnerável, que não tem outros recursos, além da ocupação de espaços que não são administrados pelo mercado imobiliário.

A ausência de uma estratégia territorial nacional na área de gestão territorial e a falta de planejamento urbano adequado têm gerado processos de urbanização em áreas inadequadas, tais como áreas úmidas. As condições ambientais não foram levadas em conta e a gestão dependia apenas dos governos departamentais. Em muitas localidades, ainda hoje é possível observar uma abordagem urbanística sem levar em conta os ambientes circundantes.

Uma zona úmida pode contribuir para a mitigação de eventos de inundação em uma cidade, transformando-a em áreas urbanas através de aterros sanitários, por exemplo, pode ter efeitos negativos para a população local. O fato de criar uma estratégia que gere uma visão mais ampla e interrelacionar competências pode contribuir para uma gestão mais sustentável do território, tanto em áreas naturais quanto em áreas urbanizadas.

#### 2.4. ZONAS ÚMIDAS

As zonas úmidas são estudadas a partir de várias disciplinas, uma das mais presentes é a Biologia que estuda as zonas úmidas por sua biodiversidade e singularidade como ecossistema, já que são um dos sistemas mais produtivos do mundo. Como Babinger (2002) afirma, em sua revisão sobre a importância ambiental das áreas úmidas, a maioria dos trabalhos científicos sobre as áreas úmidas são da última década do século 20 (essa realidade mostra a recente preocupação com o

estado das áreas úmidas em escala global). Os trabalhos científicos que ele nomeia são muito diversificados e contribuem em áreas úmidas desde a hidrologia, geomorfologia, geologia, climatologia, fauna e flora aquática e migratória, desde uma abordagem botânica, mas também desde uma perspectiva legal. Segundo o autor, existem trabalhos que se concentram na busca de definições de zonas úmidas, suas características e sua degradação e riscos naturais e antrópicos, e sua relação com a agricultura, para citar alguns.

Grandes áreas úmidas são sistemas complexos, consistindo de múltiplos ecossistemas, ambientes aquáticos permanentes e temporários e, partes terrestres que precisam ser compreendidas funcionalmente em conjunto com os ambientes aquáticos temporários (NEIFF 1997).

As paisagens de zonas úmidas são muito diversas e são entendidas como paisagens específicas. Essas paisagens são sistemas complexos, que podem ser dominados por água salgada ou doce, podem ter uma origem natural ou artificial, pois depende da definição utilizada, o que eles têm em comum, é que são terras que estão permanente ou periodicamente sob a água (ALFONSO MARTINEZ; MATEO RODRIGUEZ, 2015).

Os solos, microorganismos, flora e fauna se desenvolvem com a presença de água permanentemente ou na maior parte do ano, essas condições muito particulares geram características específicas e próprias do funcionamento das terras úmidas, diferentes daquelas dos habitats de montanha (SECRETARÍA DE LA CONVENCION DE RAMSAR, 2016).

Tanto a flora quanto a fauna são encontradas em alta concentração e há várias espécies que só podem sobreviver nessas condições. A água controla o ecossistema e, com isso, a vida que vem com ela. Essa condição gera solos específicos e condiciona o habitat, para sua flora, fauna e cria paisagens únicas, nas quais interagem componentes geográficos, biológicos e socioeconômicos (ALFONSO MARTINEZ; MATEO RODRIGUEZ, 2015).

Nas planícies de inundação, há um ciclo de secas e inundações que têm diferentes extensões. Esses ciclos implicam em momentos positivos e negativos para

a flora e fauna, que são necessários para que esse ecossistema único continue funcionando, pois contém espécies que dependem do momento do ciclo, sejam elas encontradas em abundância ou desapareçam completamente (NEIFF, 1997).

Três indicadores são normalmente usados para reconhecer uma zona úmida, o tipo de solo, que é um solo hidromórfico, a vegetação que tem uma característica hidrófila e a presença de água recorrente. O conhecimento sobre o funcionamento e os valores desses ecossistemas muito específicos ainda é incipiente, e a gestão dessas paisagens é incipiente e/ou não funciona adequadamente (ALFONSO MARTINEZ; MATEO RODRIGUEZ, 2015).

Os ecossistemas de zonas úmidas estão permanentemente ameaçados pela exploração excessiva e colocam em risco o bem-estar humano e a diversidade ambiental (SECRETARÍA DE LA CONVENCION DE RAMSAR, 2016). Essas circunstâncias também levaram ao reconhecimento da situação por organizações não-governamentais e governos. Atualmente, mecanismos de conservação e/ou restauração de áreas úmidas foram implementados em todo o mundo, com o objetivo de recuperar ou melhorar o bem-estar humano e benefícios para a saúde. Para esse fim, são restauradas áreas úmidas destruídas ou degradadas, que também podem reduzir os riscos climáticos extremos, melhorar a segurança alimentar e o acesso à água (RAMSAR; MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE CHILE, 2014).

#### **2.4.1. A Convenção de Ramsar**

Nos anos 1960, foram gerados debates entre governos e organizações não governamentais sobre a necessidade de proteger as áreas úmidas no mundo todo. O Tratado de Ramsar é uma das principais convenções internacionais voltadas para a conservação dos sistemas de zonas úmidas, entrou em vigor em 1975, na cidade iraniana de Ramsar, sendo ratificado por 18 países. Atualmente soma 170 países e mais de 2,1 milhões de quilômetros quadrados de áreas úmidas relacionadas com a Convenção (RAMSAR, 2018).

Os países signatários da Convenção de Ramsar (incluindo o Uruguai, que aderiu em 1984) estão comprometidos com o uso sustentável das áreas úmidas. Objetivam gerar um inventário das áreas úmidas em seu território e a uma cooperação

internacional que estabeleça políticas e mecanismos para garantir o uso sustentável dessas áreas (RAMSAR, 2014). O acordo é muito amplo na definição de zonas úmidas, e as entende como tal:

“las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de agua, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no excede de seis metros” (RAMSAR, 1994, p. 1).

A Convenção de Ramsar gerou um sistema de classificação de tipos de zonas úmidas, que inclui 32 tipos diferentes (Tabela 1). Estão divididos entre zonas úmidas marinhas, costeiras (12 classes) e interiores (20 classes) (SECRETARÍA DE LA CONVENCION DE RAMSAR, 2016).

Tabela 1 - Sistema de classificação de tipo zonas úmidas Ramsar

<b>Pântanos marinhos e costeiros</b>	
A	<b>Águas marinhas permanentes rasas</b> , na maioria dos casos a menos de seis metros de profundidade na maré baixa; baías e estreitos estão incluídos.
B	<b>Camas de ervas marinhas subtidais</b> , incluindo leitos de algas marinhas, leitos de ervas marinhas, leitos mistos tropicais de ervas marinhas.
C	<b>Recifes de coral.</b>
D	<b>Litoral marinho rochoso</b> ; inclui ilhotas rochosas e falésias.
E	<b>Praias de areia ou de areia tingida</b> ; inclui barreiras, bancos, cordilheiras, cristas, pontos e ilhotas arenosas; inclui sistemas de dunas e calçadas de dunas.
F	<b>Estuários</b> ; águas permanentes de estuários e sistemas estuarinos de deltas.
G	<b>Lamas intertidais, solos arenosos ou salinos</b> ("pântanos salgados").
H	<b>Pântanos e estuários</b> intertidais (áreas inundadas); inclui pântanos salgados e áreas inundadas de água salgada, prados halófitos, pântanos salgados, áreas de planície inundadas de água salgada, áreas de água doce e água salobra inundadas de forma regular.
I	<b>Pântanos intertidais</b> ; inclui manguezais, pântanos de nipa, florestas inundadas ou inundadas de água doce pela maré.
J	<b>Lagoas costeiras salobras/salinas</b> ; lagoas salobras a salinas com pelo menos uma conexão relativamente estreita com o mar.
K	<b>Lagoas costeiras de água doce</b> ; inclui lagoas deltaicas de água doce.
Zk(a)	<b>Karst e outros sistemas de águas subterrâneas</b> , marinhas e costeiras.

<b>Pântanos do interior</b>	
L	<b>Deltas interiores</b> (permanentes).
M	<b>Rios/jantes permanentes</b> ; inclui cachoeiras.
N	<b>Sazonal/intermitente/irregular rios/arroios</b> .
O	<b>Lagos permanentes de água doce</b> (mais de 8 ha); inclui grandes meandros abandonados ou galhos de rios mortos.
P	<b>Lagos de água doce sazonais/intermitentes</b> (mais de 8 ha); inclui lagos de planície de inundação.
Q	<b>Lagos permanentes salinos/brackish/alkaline</b> .
R	<b>Lagos e áreas sazonalmente inundadas/intermitentes salinas/braquiças/alcalinas</b> .
Sp	<b>Pântanos/estuários/piscinas/pântanos salinos/alcalinas permanentes</b> .
Ss	<b>Pântanos/swamps/pool/intermitent saline/brackish/alkaline</b> .
Tp	<b>Pântanos/estuários/piscinas permanentes de água doce</b> ; lagoas (menos de 8 ha), pântanos e pântanos em solos inorgânicos, com vegetação emergente na água durante pelo menos a maior parte da estação de crescimento.
Ts	<b>Pântanos de água doce sazonais/intermitentes em solos inorgânicos</b> ; inclui depressões inundadas (lagoas de carga e recarga), buracos, prados inundados sazonalmente, pântanos de sedimentos.
U	<b>Turfeiras não florestadas</b> ; inclui pântanos arbustivos ou abertos, pântanos de capim ou juncos, pântanos, pântanos baixos.
Va	<b>Pântanos alpinos/montanhosos</b> ; inclui prados alpinos e de montanha, águas sazonais originadas da neve.
Vt	<b>Pântanos de Tundra</b> ; inclui lagoas e águas sazonais originadas da nevasca.
W	<b>Pântanos com vegetação arbustiva</b> ; inclui pântanos de água doce e pântanos dominados por vegetação arbustiva, turfeiras arbustivas, matas arbustivas de <i>Alnus sp</i> ; em solos inorgânicos.
Xf	<b>Pântanos de água doce</b> ; inclui florestas de pântanos de água doce, florestas inundadas sazonalmente, pântanos arborizados; em solos inorgânicos.
Xp	<b>Turfeiras arborizadas</b> ; florestas de turfa inundadas.
Y	<b>Nascentes de água doce, oásis</b> .
Zg	<b>Pântanos geotérmicos</b> .
Zk(b)	<b>Sistemas cársticos e outros sistemas subterrâneos</b> , continentais de água.

### 2.4.2. Uruguai

No Uruguai, a área total de áreas úmidas identificadas para o território do país é de aproximadamente 2.626.305 hectares, o que representa 13,6% do território nacional (DINAMA, 2016), uma porcentagem esperada devido à alta densidade de cursos d'água em todo o território. Isso o torna o segundo ecossistema mais representativo do país. Para o Inventário de zonas úmidas, foram geradas diferentes categorias, de acordo com as categorias RAMSAR, as circunstâncias naturais e a escala trabalhada (Tabela 2).

Tabela 2 - Categorias de Estoque de Terras Úmidas - Uruguai

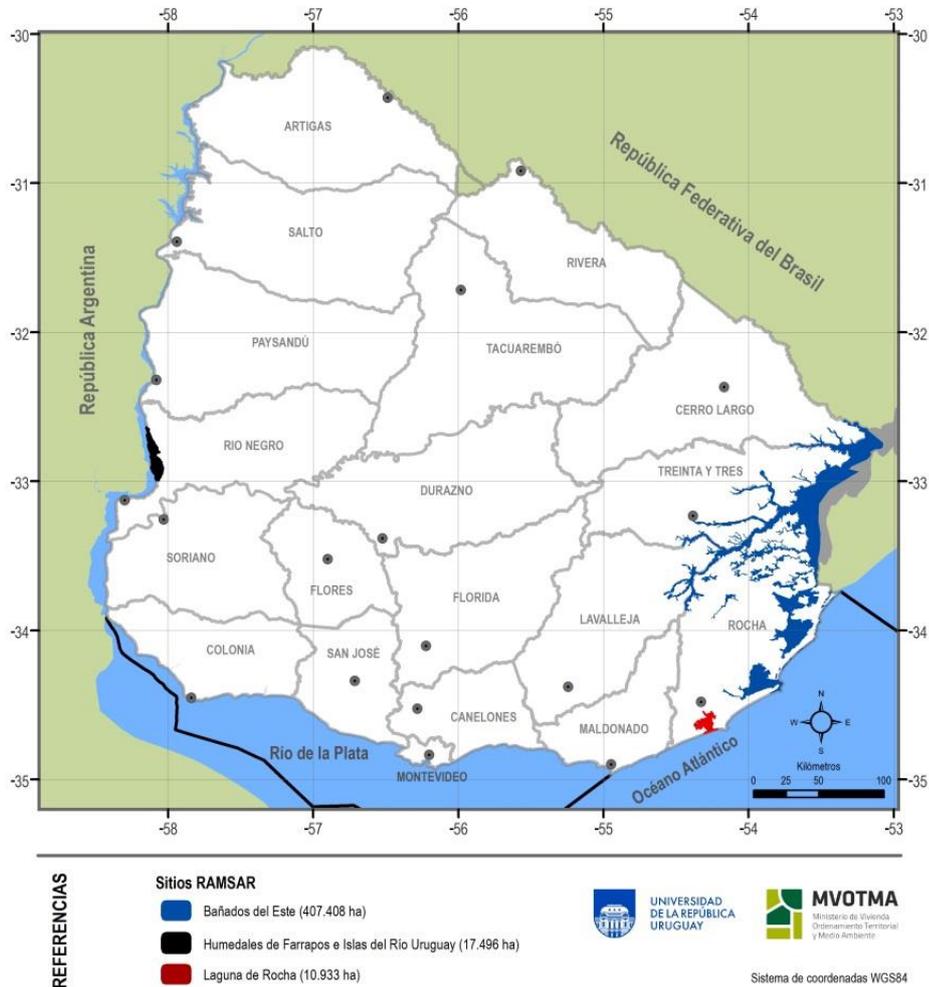
<b>Sistema</b>	<b>Categoria</b>
<b>Fluvial</b>	<b>Xf</b> Terras Húmidas Florestadas de Água Doce
	<b>M</b> Jorros permanentes dos rios
	<b>L</b> Deltas internas
<b>Trowel</b>	<b>Ts/Tp</b> Pântanos/pântanos de água doce permanente ou sazonal em solos inorgânicos
	<b>Sp/Ss</b> Permanente ou sazonal pântanos/estuários/piscinas/salas/alcalinas
	<b>U</b> Turfeiras não florestadas
<b>Artificial</b>	<b>6</b> Áreas de armazenamento de água (mais de 8 ha)
	<b>2</b> Lagoas artificiais (menos de 8 ha)
	<b>4</b> Modificado
<b>Lakeside</b>	<b>J</b> Lagunas salobras/salinas costeiras
	<b>O</b> Lagos permanentes de água doce
<b>Outros</b>	<b>E2</b> Praias do interior
	<b>E</b> Praias oceânicas
	Pântanos urbanos
	Canteras

Fonte: ACHKAR ET AL., 2016b

A categorização de zonas úmidas da Convenção Ramsar no Uruguai identifica cinco grandes grupos para diferenciá-las (Tabela 2). As mais representadas são sistemas artificiais, que são zonas úmidas que foram modificadas para fins produtivos com 39,7% e, sistemas de pântanos, que correspondem a áreas com inundações recorrentes ou sustentadas ou saturadas, com 35,7% da área total das zonas úmidas. Os sistemas fluviais, que envolvem os cursos dos rios, riachos, regatos e matas ciliares estão representados com 18%, os sistemas lacustres, correspondem a corpos de água com 5,8% e, outros sistemas de zonas úmidas representam apenas 0,8%, dado que em geral possuem pequenas áreas desse tipo de zonas úmidas (DINAMA, 2016).

O Uruguai possui, atualmente, três áreas úmidas incluídas na Convenção Ramsar, representando uma área de 435.837 hectares (RAMSAR, 2014). Em 1984 entrou a primeira área, designando o Bañados del Este e sua faixa costeira como sítio Ramsar, em 2004 foram acrescentados os Pântanos do Farrapos e as Ilhas do Rio Uruguai, e em 2015 a Laguna de Rocha foi designada como o terceiro sítio (Figura 2).

Figura 2 - Sítios Ramsar no Uruguai



Fonte: ACHKAR ET AL., 2016b

As zonas úmidas são ecossistemas muito diversos, tanto em termos de paisagem quanto em termos da riqueza e abundância de formas de vida que elas abrigam. No Uruguai existem zonas úmidas de água salgada, zonas úmidas de água doce, pântanos e lagoas que funcionam como "áreas naturais de acúmulo de água", devido à sua capacidade de reter grandes quantidades de água e permitir sua lenta evaporação. A pesquisa nestas áreas em nível nacional ainda é incipiente, mesmo assim, há vários trabalhos em sítios de Ramsar que fazem parte do *Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP)*, focalizando o interesse da conservação e gestão das

áreas (ACHKAR ET AL. 2016b; CLARA; MANEYRO, 1999; DEFEO ET AL., 2009; SOSA ET AL., 2014).

As áreas úmidas mais estudadas, estão no SNAP, mas não fazem parte da Convenção de Ramsar, são as áreas úmidas de Santa Lucía, por sua importância na localização no sudoeste da bacia hidrográfica do rio do mesmo nome, essencial no abastecimento de água potável para a maioria da população uruguaia. Portanto, é uma zona úmida de imensa importância estratégica a nível nacional e o uso da bacia hidrográfica está fortemente relacionado à agricultura e à produção intensiva de leite, o que gera uma ameaça à qualidade da água potável (BARRETO ET AL., 2017; OLANO ET AL., 2019) e também às espécies que a habitam (CHALAR ET AL., 2013).

Historicamente, as áreas úmidas estão ligadas tanto às atividades de produção rural quanto ao setor turístico, pois são as paisagens mais produtivas do território (ACHKAR ET AL., 2016a; AECI, 2004; CLARA; MANEYRO, 1999). Uma situação preocupante, pois elas se tornam as maiores ameaças às zonas úmidas em nível nacional. Nos últimos tempos, tem havido uma crescente preocupação com a qualidade da água em várias bacias hidrográficas devido a atividades antropogênicas, uma das áreas mais afetadas são as áreas úmidas, por serem áreas frágeis e muito vulneráveis.

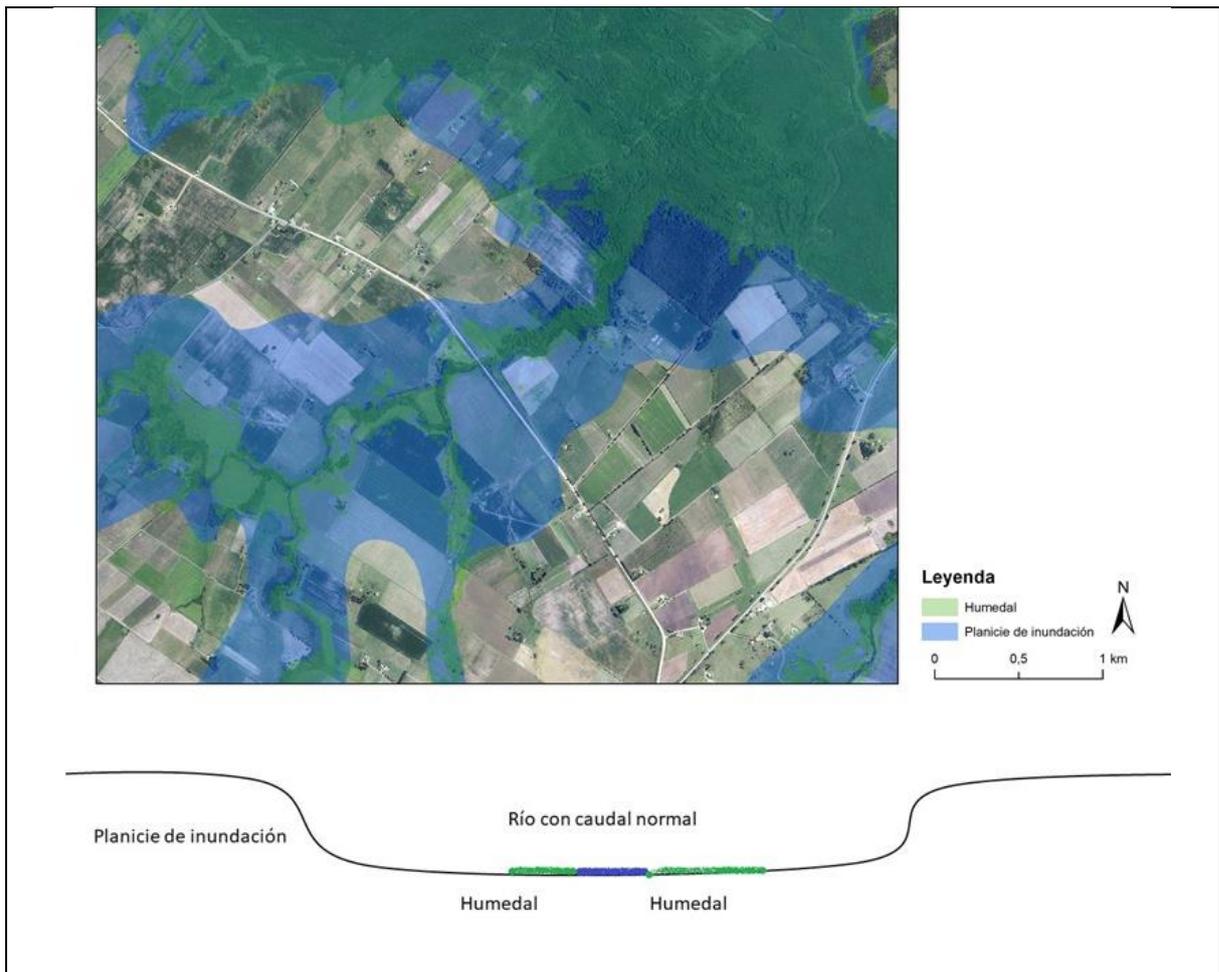
Na análise desse trabalho, as categorias Ramsar são utilizadas em escala nacional, o que permitiu a seleção dos estudos de caso. Essa categorização é uma definição muito ampla de zonas úmidas, que contribui em nível nacional para gerar uma visão geral.

A definição de zonas úmidas é ajustada no momento de trabalhar nos estudos de caso, entendidas como sistemas fluviais, zonas úmidas e lagos, deixando de lado as zonas úmidas artificiais, já que se concebe que há uma variação na importância para a conservação destes ecossistemas, em que os sistemas naturais têm um valor mais elevado.

Além disso, concentrando-se na categoria de zonas úmidas, mostra-se que os pântanos, estuários e lagoas, tais como turfeiras, estão fortemente ligados às planícies de inundação em nível urbano. Com base nesta definição ampla, essa parte

dos estudos de caso é limitada às zonas úmidas, incluindo as planícies aluviais, já que no Uruguai não há declives íngremes e, em épocas de enchentes, essas se enchem de água (Figura 3).

Figura 3 - Modelo de planície de inundação



Fonte: Elaboração própria

## 2.5. MUDANÇA AMBIENTAL GLOBAL

A mudança ambiental global é o resultado das transformações globais provocadas pelo modo de produção capitalista. As transformações são caracterizadas por mudanças, muitas de elas irreversíveis nos processos e estruturas ambientais. Essa crise se expressa, entre outros, na exploração da natureza, na destruição

sistemática dos ecossistemas, na mercantilização da vida e no crescimento da desigualdade (ROMERO, 2006).

Partindo da premissa de que a mudança climática é parte dessa mudança ambiental global, uma vez que modifica os processos climáticos e implica na intervenção ativa da sociedade nas transformações, abre-se um novo espaço, a partir de um olhar crítico, para analisar as causas e, ao mesmo tempo, gerar novas formas de gerenciá-la, nas quais as relações entre sociedade e natureza são colocadas em foco (BLANCO- WELLS, ET AL. 2017).

Entre as conseqüências das mudanças ambientais globais está o aumento de eventos extremos, tanto de secas como de inundações em áreas urbanas que afetam cada vez mais as populações locais. Uma tendência que, de acordo com as previsões, continua a aumentar (BIRKMANN ET AL. 2010; JHA ET AL., 2012; XIAO ET AL., 2016).

As avaliações de risco diante dos eventos climáticos e da mudança climática têm sido usadas como uma ferramenta para análise e gestão territorial, pois possibilitam integrar diferentes variáveis e identificar níveis de suscetibilidade aos riscos, gerando novas abordagens para as causas e conseqüências da vulnerabilidade. As mudanças nos regimes de precipitação e temperatura associadas às mudanças na matriz produtiva dos territórios agrícolas modificam a vulnerabilidade desses espaços. Estes processos geram um feedback positivo que expõe os territórios a novos riscos multidimensionais e, portanto, a níveis de risco mais elevados.

### **2.5.1. Mudança climática**

Globalmente, o debate e a discussão sobre a mudança climática, ou o aquecimento global, ganharam uma grande presença em todas as áreas. O tema tem estado presente no discurso científico por várias décadas, mas recentemente tem aumentado devido à aceleração das mudanças visíveis e ao aumento de "desastres naturais" que afetam nossa sociedade. Mesmo assim, na literatura há visões diferentes sobre o problema da mudança climática. Há muitos livros e artigos científicos que descrevem o fenômeno e o perigo potencial. Há também literatura sobre tecnologias para resolver os problemas que teriam que ser enfrentados. A maior

parte da literatura é controversa ao considerar os protagonistas do fenômeno e há diferentes posições sobre a mudança climática (GIDDENS, 2008).

Por um lado, há os céticos, que argumentam que o atual aquecimento global não foi necessariamente iniciado pelos humanos, e que as flutuações climáticas sempre fizeram parte da história do planeta. Portanto, a situação atual em que nos encontramos é consequência de mudanças naturais (GIDDENS, 2008).

Depois, há uma corrente dominante, que tem o consenso de que há uma mudança climática e isso implica riscos para as sociedades humanas. Em que existem diferentes cenários para o futuro, com diferentes severidades, tentando abordar as probabilidades de cada um. Dentro dessa corrente está o *Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática* (IPCC), que publicou muitos relatórios, organizando e interpretando milhares de estudos de pesquisa, mostrando os impactos esperados do efeito estufa à temperatura, nível do mar e aumento de eventos climáticos extremos (SANTELICES; ROJAS, 2016). O IPCC é uma instituição internacional de avaliação da ciência relacionada à mudança climática, fundada em 1988 pela *Organização Meteorológica Mundial* (WMO) e pelo *Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente* (PNUMA), para fornecer avaliações da mudança climática baseadas na ciência, destinadas aos formuladores de políticas e partidos políticos (IPCC, 2013).

Por outro lado, há também uma visão mais radical sobre a mudança climática, na qual existe uma consciência da responsabilidade da sociedade ou de alguns setores da sociedade e, estima-se que o aquecimento global e as perdas de gelo foram muito maiores do que o relatado até agora (GIDDENS, 2008).

A mudança climática se manifesta de diferentes maneiras no mundo. Essas variações espaciais são evidenciadas nos territórios mais do que tudo pelo aumento de eventos extremos, que se manifestam por meio de temperaturas extremas, aumento do nível dos oceanos, como ventos fortes, secas ou inundações (CLIMATE CHANGE: A STATUS REPORT, 2021).

Desde a era industrial, o aquecimento global pode ser observado, causado pelo aumento das emissões de dióxido de carbono devido ao uso de energia fóssil (SANTELICES; ROJAS, 2016). Segundo os autores, foi o aumento do dióxido de

carbono na atmosfera de 280 partes por milhão na era pré-industrial (1750) para 400 partes por milhão, em 2015, que produziu um aumento significativo da temperatura.

Essa análise identifica mudanças importantes na presença de dióxido de carbono na atmosfera, que está claramente relacionada ao setor industrial, de modo que a principal conexão da mudança climática com nossa sociedade é reduzida a alguns setores, já que nem todos alcançaram o mesmo desenvolvimento ao mesmo tempo.

Prevê-se que a mudança climática de nossa época gere várias consequências socioecológicas, particularmente em áreas úmidas (IORIS, 2014). As mudanças climáticas podem ter fortes impactos no ciclo hidrológico através de mudanças na precipitação, evapotranspiração e umidade do solo devido ao aumento da temperatura. Essa intensificação do ciclo hidrológico não afeta todos os territórios da mesma forma, são geradas regiões que apresentam aumento de chuvas e em outras há períodos de seca (LAL ET AL., 2018).

Eventos climáticos extremos como inundações, secas, chuvas torrenciais e variações drásticas de temperatura foram observados nos últimos anos em muitos países da América Latina (SANTELICES; ROJAS, 2016). Presume-se que a razão para essas desregulações seja o aquecimento global, levando à ruptura dos ecossistemas e paisagens e a um grande impacto na produção econômica, bem como nas condições sociais.

No futuro, espera-se uma situação mais severa e um aquecimento global crescente. Com base em vários cenários de emissões do IPCC, estima-se que até o ano 2100, a temperatura média subirá entre 2 e 6 °C na América Latina (DIAZ; HURLBERT, 2014). As populações mais vulneráveis, tais como pescadores e coletores, já estão sofrendo os impactos negativos da mudança climática. Eventos extremos têm aumentado anualmente afetando as populações locais em sua infraestrutura e organização social (IORIS, 2014).

O processo de mudança climática também tem seu efeito associado a fenômenos cíclicos globais, como o "El Niño-Oscilação do Sul" (ENOS), mais conhecido como "El Niño", que é um aquecimento anormal das águas superficiais do

Pacífico tropical. Há também um fenômeno oposto chamado "La Niña", no qual as águas superficiais esfriam anormalmente. Essas dinâmicas retornam periodicamente e interferem no clima mundial, principalmente na América Latina, com abundância ou falta de chuvas e variações de temperatura. Para a qual, atualmente, é a variável que gera o maior impacto socioeconômico na agricultura da América Latina e é atribuída às grandes variáveis climáticas globais, o aumento significativo da frequência do fenômeno está cada vez mais relacionado ao efeito estufa e, portanto, à mudança climática (AGILAN; UMAMAHESH, 2018; TORRES-LIMA; ACOSTA-BARRADAS, 2014).

Os efeitos desse fenômeno também podem ser observados no Uruguai, com chuvas acima do normal nos anos El Niño e, abaixo do normal nos anos La Niña (FAO, 2013). O Uruguai é um país cuja economia é baseada na agricultura e em cadeias agroindustriais, o que gera grave vulnerabilidade às variações climáticas e à mudança climática. As secas e inundações tiveram impactos significativos e diversos na sociedade e na economia do país. O setor agrícola sofreu perdas econômicas significativas devido à seca, um fenômeno climático que se observa estar aumentando (CAORSI ET AL., 2018; FAO, 2013), quase ao mesmo tempo em vários departamentos, entre 5 e 15% da população teve que evacuar suas casas devido a eventos de enchentes (MVOTMA, 2016).

No Uruguai há alguns estudos específicos sobre a mudança climática e seus efeitos, como por exemplo Silva et al. (2020). Há autores que trabalham com modelos para poder abordar possíveis cenários futuros. Entre eles, o trabalho de Toranza et al. (2016), que pesquisa anfíbios ameaçados no Uruguai diante da mudança climática e revela que não seria, necessariamente, uma ameaça generalizada para a espécie.

Se estudam a vulnerabilidade geral das mudanças climáticas a dois importantes setores da economia do país: a agricultura e o litoral, que é utilizada como recurso para o turismo e mostra que se espera um cenário inseguro diante das mudanças esperadas, exigindo vários esforços para seguir o mesmo caminho (HILL ET AL., 2015; GIMENEZ; LANFRANCO, 2012; HAREAU ET AL., 1999)

Há também um estudo que focaliza a costa de Montevidéu diante da mudança climática e de uma provável elevação do nível do mar, com o resultado de que a costa

da capital é moderadamente sensível à erosão que será causada pela mudança climática (SAIZAR, 1997).

Nagy et al. (2007), trabalham sobre os impactos gerados pelo aumento do nível do Rio de la Plata na costa uruguaia, concentrando-se na vulnerabilidade costeira. Há também trabalhos sobre as mudanças nas pastagens diante dos efeitos da mudança climática (BETOLLI ET AL., 2010; PANARIO; BIDEGAIN, 1997).

Morales et al. (2012) também destacam essa questão, já que eventos extremos serão mais frequentes no país e estudam as capacidades de adaptação dos produtores pecuários.

A FAO (2013) com sua publicação sobre mudanças climáticas e desafios para o setor produtivo, trabalha no setor agrícola em escala nacional, focalizando os diferentes setores e sua capacidade adaptativa.

Não há estudos que trabalhem sobre a situação nacional das localidades urbanas diante da mudança climática, a maioria deles se concentra na parte agrícola, devido à sua importância econômica, e/ou na costa, que também desempenha um papel importante na economia do país devido à sua atividade turística.

O governo vem trabalhando nas preocupações que a mudança climática traz e uma *Política Nacional sobre Mudança Climática* foi formulada em 2017, seu primeiro parágrafo formula o objetivo geral:

“La Política Nacional de Cambio Climático (en adelante; Política) tiene como objetivo general promover la adaptación y mitigación en la República Oriental del Uruguay (en adelante: Uruguay) ante el desafío del cambio climático. La Política debe contribuir al desarrollo sostenible del país, con una perspectiva global, de equidad intra e intergeneracional y de derechos humanos, procurando una sociedad más resiliente, menos vulnerable, con mayor capacidad de adaptación al cambio y a la variabilidad climática, y más consciente y responsable ante este desafío, promoviendo una economía de bajas emisiones de carbono, a partir de procesos productivos y servicios sostenibles ambiental, social y económicamente, que incorporan conocimiento e innovación” (POLÍTICA NACIONAL DE CAMBIO CLIMATICO, 2017, p. 3).

Também prevê a promoção da conservação, recuperação e restauração de ecossistemas naturais para o manejo de bens e serviços ecossistêmicos a partir da sustentabilidade na produção e consumo. Florestas nativas, pastagens e áreas úmidas são nomeadas nas linhas de ação como ecossistemas a conservar, recuperar e restaurar (POLÍTICA NACIONAL DE CAMBIO CLIMATICO, 2017). Essa política, como um dos instrumentos e capacidades nacionais, faz parte da estrutura institucional para gerar um sistema de regulamentação e gestão para um compromisso político integrativo com a mudança climática, a partir de várias esferas de governo (MVOTMA, 2016).

### **2.5.2. Eventos naturais extremos**

Eventos geofísicos como terremotos, erupções vulcânicas, deslizamentos de terra, enchentes, etc. sempre afetaram a flora e a fauna. A presença de seres humanos transformou eventos geofísicos em desastres naturais e gerou riscos "naturais" para as sociedades (ALCÁNTARA-AYALA, 2002). O conceito de riscos naturais é difícil de especificar, pois envolve vários fenômenos, mas tem necessariamente dois momentos, o próprio evento geofísico e o comportamento dos grupos sociais afetados, ou seja, tem sempre uma dimensão biofísica e uma dimensão social. Em sua base, entende-se que as atividades humanas são expostas a processos naturais (MATTEDI; BUTZKE, 2001).

Atualmente, os perigos naturais são entendidos como um evento que gera perigo a alguma sociedade em nosso planeta, mesmo assim, esse perigo não é apenas o resultado de um processo natural, é o resultado do sistema humano e de suas vulnerabilidades diante dos processos naturais. A literatura diferencia entre vulnerabilidade natural e vulnerabilidade humana, quando essas se localizam ao mesmo tempo no mesmo espaço, ocorre um evento natural extremo (ALCÁNTARA-AYALA, 2002).

Nesse contexto de eventos naturais extremos, o conceito de vulnerabilidade é importante, pois é fundamental para entender o risco gerado para a sociedade e poder administrá-lo (RIBERA, 2004). Vulnerabilidade é entendida como a resistência de uma

sociedade ou comunidade de se adaptar às modificações. Portanto, a vulnerabilidade determina a intensidade dos danos causados por um evento real (BOMBASSARO; ROBAINA, 2010).

O desenvolvimento da pesquisa de vulnerabilidade foi iniciado, principalmente, por pesquisadores de ecologia humana da Escola de Chicago, em que o elemento fundamental foi a adaptação humana ao sistema físico de eventos naturais extremos. Mais tarde, nos anos 1970, o conceito ganhou importância com a questão de como o sistema humano poderia diminuir a vulnerabilidade e as ciências sociais começaram a trabalhar no aumento da incidência, questionando se os desastres naturais são apenas fenômenos naturais e qual é o papel do ser humano (KRELLENBERG ET AL., 2017).

A partir da ecologia e da geografia humana, a vulnerabilidade foi focalizada no âmbito das mudanças ambientais, integrando as estruturas e ações sociais ao natural. Atualmente, o conceito de vulnerabilidade é usado para conectar desastres naturais com a pesquisa de desenvolvimento. Também está sendo usado em relação à mudança climática, pois ela está relacionada a eventos naturais extremos. Nesse campo há diferentes usos do conceito, por um lado, a vulnerabilidade é entendida como consequência da mudança climática e, por outro, é entendida como o contexto (ADGER, 2006).

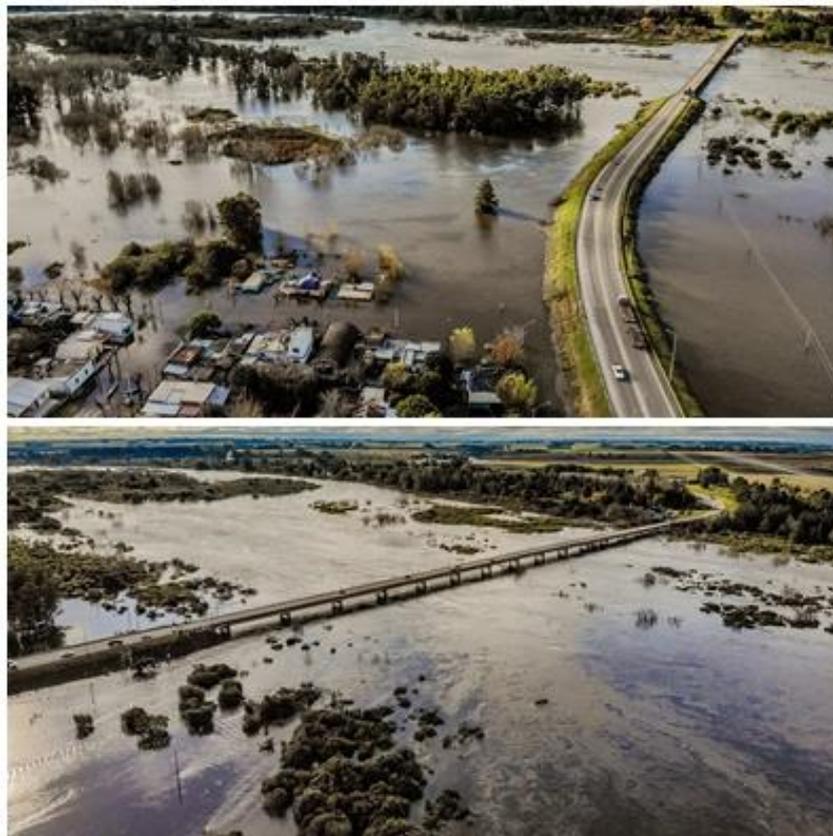
Também é desenvolvido o conceito de vulnerabilidade socioambiental, que se concentra nos fenômenos de sobreposição espacial e na interação entre os problemas e riscos sociais e ambientais. Esse conceito pode contribuir para a análise do processo de urbanização e o aumento das interrelações entre as dimensões social e ambiental (ALVES ET AL., 2010; ALVES, 2006).

Os eventos naturais extremos ocorrem em todo o mundo, mas seus impactos são geralmente maiores nos países em desenvolvimento. A situação geográfica dos países em desenvolvimento é uma das razões para a maior ocorrência nesses territórios. Outra razão é encontrada na história do desenvolvimento desses países, nos quais as condições econômicas, sociais, políticas e culturais não ajudam e acabam sendo um fator de alta vulnerabilidade a eventos naturais extremos (ALCÁNTARA-AYALA, 2002).

Conforme declarado por Peloggia (1998, apud TRENTIN ET AL. 2013), ocupações inadequadas de terras geralmente não decorrem da falta de informação, mas da falta de acesso à terra. Assim, as áreas de risco são o produto da interação do ambiente natural com o ambiente social. Nesse sentido, quando um rio excede seu fluxo normal, é um processo natural, quando as planícies de inundação são ocupadas por urbanizações, o rio se torna um desastre natural. É entendido como um processo biológico, social, político, econômico e cultural iniciado pelo transbordo de água em excesso de seu fluxo normal (NEIFF, 1997).

A inundação de cursos d'água é a consequência de exceder a capacidade de absorção do solo e/ou a capacidade de carga do curso d'água, resultante de chuvas fortes ou contínuas que inundam a terra adjacente ao curso d'água, as planícies de inundação (Figura 4). Essas áreas são "propensas a inundações" e geram riscos para o desenvolvimento de atividades vulneráveis, que podem desencadear problemas para o ciclo hidrológico e para o meio ambiente, bem como para a atividade antrópica nessa e em áreas adjacentes (OEA, 1993). Essas áreas são ecossistemas muito dinâmicos, com limites delicados, em que tanto a estabilidade quanto a diversidade são condicionadas, principalmente, pela própria hidrologia e pelos materiais envolvidos (NEIFF, 1997).

Figura 4: Inundação do rio Yí



Fonte: Javier Villasuso, junho de 2019

De acordo com Castro (2003, apud FERREIRA e ROBAINA, 2012), as inundações podem ser divididas em quatro tipos, com base no parâmetro de sua evolução. Há inundações graduais, inundações repentinas, inundações causadas por uma dificuldade de escoamento e inundações causadas pela invasão do mar na costa. São geralmente causados por chuvas fortes ou grandes volumes, mas também podem ser o resultado de outros fatores como o levantamento do leito dos corpos d'água por acreção, a redução da capacidade de infiltração do solo - impermeabilização, a saturação do lençol freático ou ventos fortes sobre as águas costeiras.

Entre os eventos de inundação que impactam as áreas urbanas, podem ser observados dois processos diferentes, que podem ocorrer em combinação ou isoladamente: inundação de áreas ribeirinhas ou urbanização em si mesma. As inundações fluviais são naturais e ocorrem na maioria dos rios, dependendo das

chuvas e do escoamento superficial daquela bacia hidrográfica. As inundações devidas à urbanização estão relacionadas à impermeabilização do solo, à canalização da água da chuva ou a obstruções na drenagem (TUCCI, 2005 apud TRENTIN ET AL., 2013).

Há vários trabalhos em áreas urbanas que estão sob a ameaça de inundações, por exemplo, relatórios técnicos que desenvolvem o assunto e seus problemas para a população das cidades no século XXI em geral, como um guia para a gestão integrada de riscos (JHA ET AL, 2012). Há também relatórios que tratam especificamente da gestão de inundações na América Latina, que fornecem informações sobre os impactos na população e sua gestão em alguns países, incluindo o Uruguai (ARAGÓN-DURAND, 2014). Outros ainda elaboram um plano de ação para lidar com eventos naturais extremos através da gestão nacional (AECI, 2004) e, no âmbito da mudança climática, em que o tema das inundações é tratado em nível nacional, considerando sua ameaça à população local (PNUD, 2007).

Além disso, nos últimos anos, várias teses de graduação e pós-graduação foram publicadas sobre inundações em áreas urbanas como estudos de caso a nível regional, como: A determinação de ameaças em áreas úmidas urbanas: Um estudo de três zonas úmidas em Valdivia, por Danisa Paredes, 2010; Zoneamento da ameaça de inundação urbana no município de Arauca, por Vivian Trujillo, 2014; Estudo de caso Urbanismo e Zonas Úmidas: a zona úmida "la Sabana", desenvolvimento urbano na área noroeste de Chetumal, México, por Luz Rangel, 2015, entre outros.

As obras acima mencionadas mostram que as inundações em áreas úmidas afetam as áreas urbanas e sua população e, em muitos casos, não está resolvido como lidar com essa circunstância. Há também uma variedade de guias metodológicos para mapear o risco de inundação em áreas urbanas dos governos, a maioria dos quais são baseados em Sistemas de Informação Geográfica (SIG) que trabalham com informações acessíveis para definir áreas em risco de inundação (IDEAM, 2017; MARM, 2011; MINISTERIO DE LA VIVIENDA, 2008; PNUD, 2017).

A preocupação com as inundações é uma questão atual, tanto a nível técnico como acadêmico. Mostra-se que, em vários países, as paisagens naturais e os serviços ambientais que prestam à sociedade não foram incorporados ao

planejamento territorial (ALFONSO MARTINEZ; MATEO RODRIGUEZ, 2015) para proteger a população de eventos de enchentes em zonas úmidas em sua existência e degradação.

### **2.5.3. No Uruguai**

No Uruguai, a preocupação com os eventos naturais extremos, incluindo os eventos de enchentes, aumentou. Atualmente, há tendências de mudanças ambientais globais e, como a economia se baseia em cadeias pecuárias, agrícolas e agroindustriais, isto implica uma grave vulnerabilidade às variações e mudanças climáticas. Foi gerado um Sistema Nacional de Emergências (SINAE), entendido como uma "instância específica e permanente de coordenação de instituições públicas para a gestão integral do risco de desastres no Uruguai" (SINAE, 2012), criado através da Lei nº 18.621, em 2009.

Essa preocupação em nível nacional também se reflete em estudos de caso trabalhados através de vários relatórios técnicos e contribuições da Universidade da República, em sua maioria, a partir de uma versão urbana/arquitetônica da Equipe de Gestão de Água e Risco Urbano - Instituto de Teoria e Urbanismo - Faculdade de Arquitetura. Essa equipe se concentra em nível nacional no número de pessoas afetadas em um trabalho sobre inundações urbanas no Uruguai em geral (PIPERNO ET AL., 2006) e, sobre as inundações de 2007 em nível nacional, propondo um debate sobre instrumentos de planejamento de uso do solo para permitir a gestão de risco de inundação (PIPERNO; SIERRA, n.d.).

Posteriormente, a maioria das obras disponíveis são avaliações de algumas cidades do centro (Durazno) e norte do Uruguai (Artigas, Salto, Paysandú) que sofreram fortes inundações no final de 2009 e início de 2010 (EQUIPO AGUAS URBANAS Y GESTIÓN DE RIESGO 2014a, b; LOARCHE ET. AL., 2011). Isso gera uma contribuição para a gestão de riscos, tanto na fase de recuperação quanto na fase de prevenção, particularmente para a definição de políticas públicas sociais e de ordenamento territorial em Artigas, por exemplo (LOARCHE ET AL., 2011).

A cidade de Artigas também foi recentemente estudada a partir de outra abordagem, na qual se trabalha a vulnerabilidade de uma planície de inundação sob

influência urbana, buscando contribuir para a gestão ambiental e o planejamento territorial (FREITAS ET AL., 2019).

Eles também estavam caracterizando e buscando elementos de ação nas áreas propensas a enchentes da cidade de Bella Unión, no norte do Uruguai (PIPERNO; SIERRA, 2013). Um estudo publicado pelo MVOTMA tenta identificar, quantitativamente, a população e as habitações afetadas nas cidades com maiores inundações, utilizando curvas de inundação e dados do INE (DINAGUA-MVOTMA, 2014).

Além disso, existe um precedente em uma tese de graduação em Geografia, na qual foi desenvolvida a aplicação de um SIG para a caracterização dos aspectos ambientais e territoriais na bacia hidrográfica do córrego Malvín, trabalhando sobre inundações em áreas urbanas através da realização de um estudo sócio-territorial em um bairro de Montevideu (FERNANDEZ, 2001).

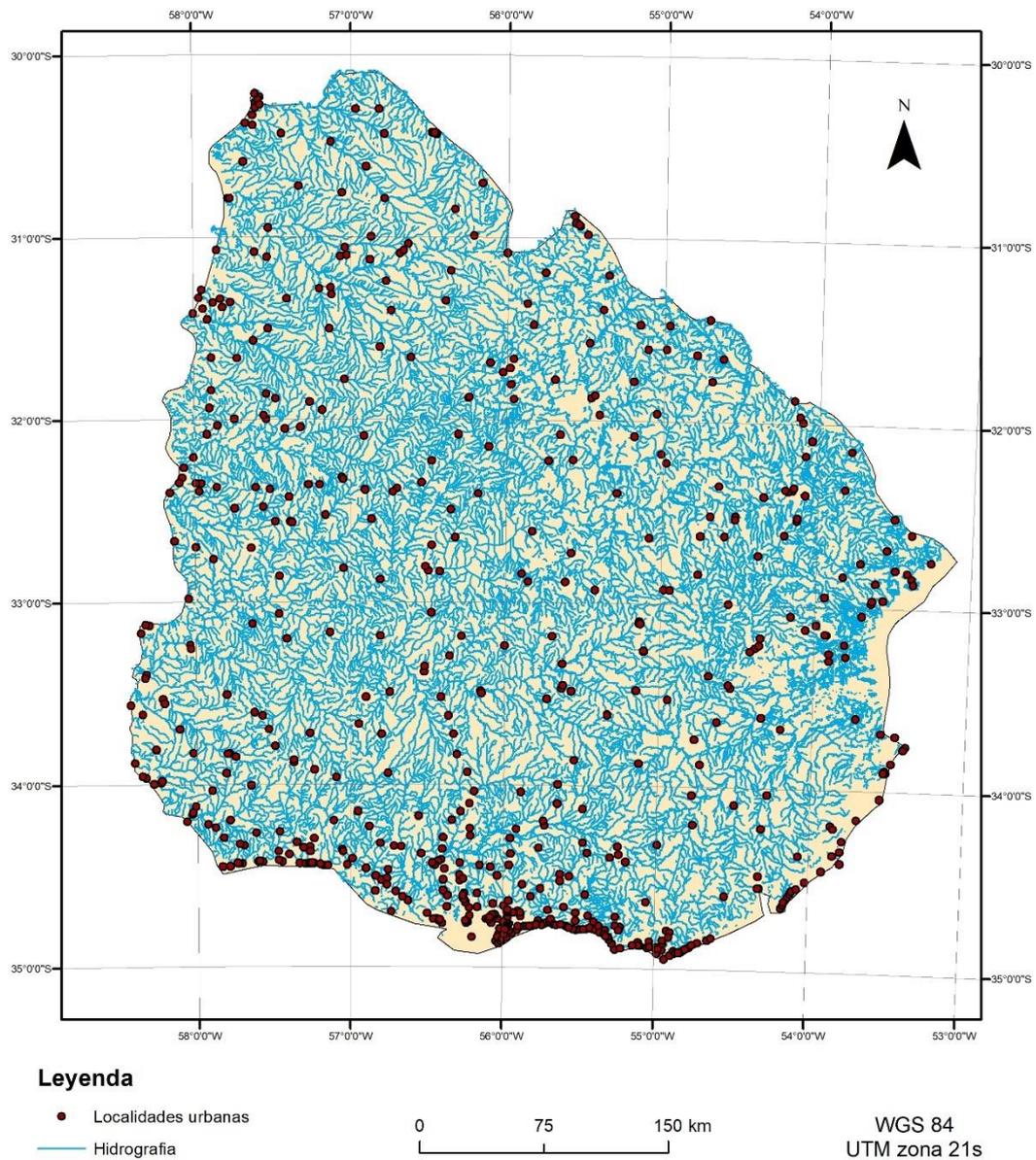
Do governo, o SINAIE trabalha com inundações, entre outros perigos, gerando um registro de todos os eventos a nível nacional e suas consequências para a população (<http://sinae.gub.uy/>).



### 3. RECORTE ESPACIAL E TEMPORAL

O Uruguai está localizado no Bioma Pampa, na parte inferior da bacia hidrográfica do Rio da Prata, e é atravessado por muitos cursos de água que geram uma importante interligação fluvial, tanto com territórios no interior da bacia hidrográfica, quanto com a parte marítima (Figura 5).

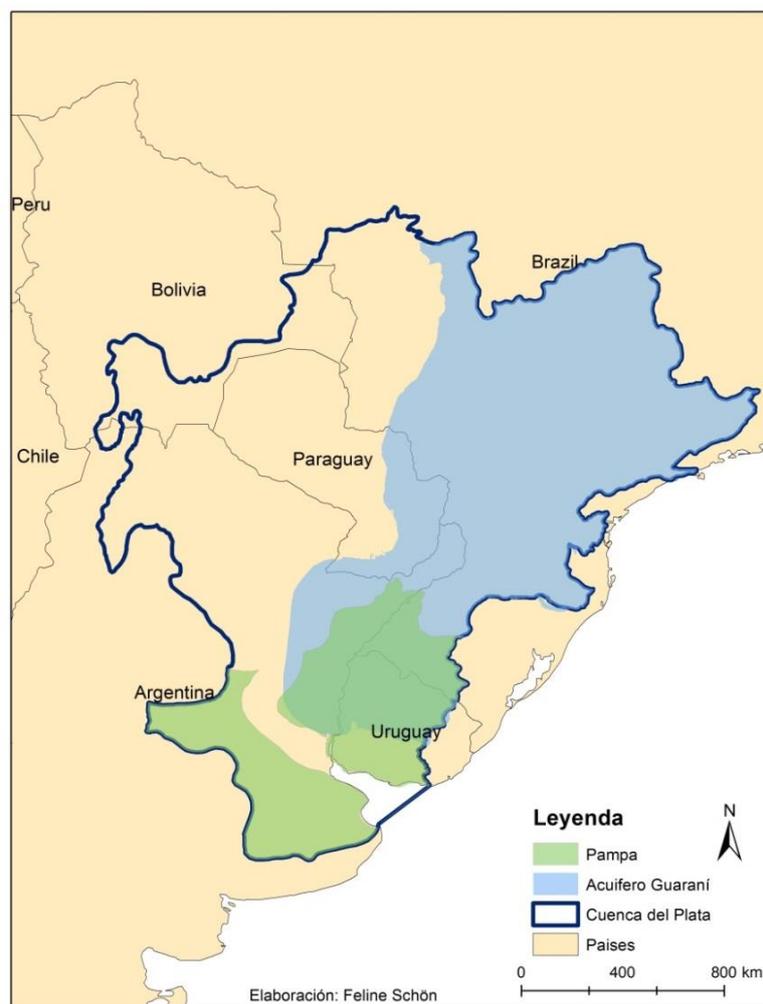
Figura 5 - Hidrologia e áreas urbanas do Uruguai



Fonte: INE 2011, elaboração própria.

O Bioma Pampa é de importância internacional, pois está relacionado a um imenso patrimônio cultural associado à biodiversidade e é uma área estratégica da bacia hidrográfica do Prata, devido a suas terras agrícolas (ACHKAR, 2017). A bacia hidrográfica do Rio da Prata, em particular, faz parte do principal sistema de recarga do Aquífero Guarani, uma das maiores reservas de água doce do mundo e tem uma importante superfície de carga e descarga no país (Figura 6).

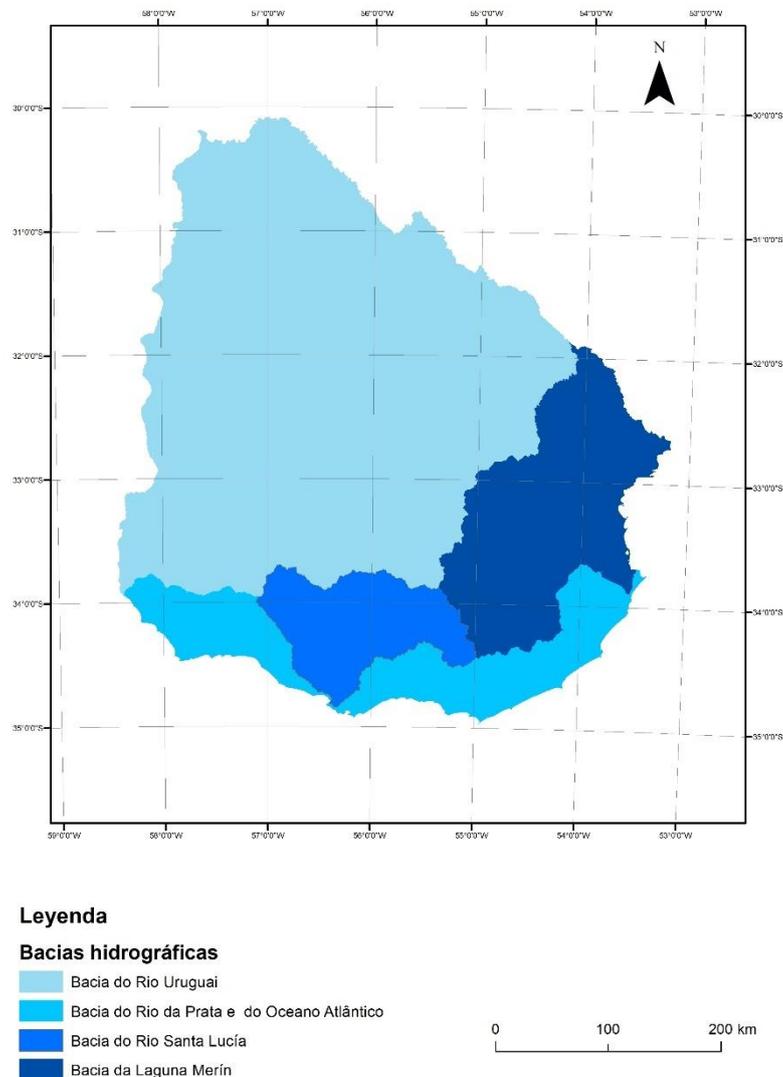
Figura 6 - Uruguai na região



Fonte: Elaboração própria

Quatro bacias hidrográficas principais se destacam no território nacional (Figura 7): a bacia hidrográfica do Rio da Prata e a bacia hidrográfica do Oceano Atlântico, a bacia hidrográfica do Rio Santa Lucía, a bacia hidrográfica do Uruguai e a bacia hidrográfica da Laguna Merín. Além disso, existem vários reservatórios de águas subterrâneas, o mais conhecido e com importância regional e internacional é o Aquífero Guarani (ACHKAR ET AL., 2013).

Figura 7 – As principais cuencas hidrográficas do Uruguai



Fonte: Elaboração própria

A localização geográfica do Uruguai é de 30°- 35° de latitude sul e 56°- 58° de longitude oeste. O clima é subtropical temperado, com temperaturas inverniais moderadas e chuvas que, embora irregulares, distribuem-se ao longo do ano sem uma estiagem acentuada, e o relevo é dominado por colinas (ACHKAR ET AL., 2016a).

Essa pesquisa tende a focar diferentes escalas e diferentes recortes temporais em diferentes momentos. Por um lado, ela cobre todo o território do Uruguai para uma abordagem quantitativa, entre 1983 e 2017, porque o registro de inundações do SINAÉ começa em 1983. Por outro lado, ele se aprofunda em diferentes localidades, como estudos de caso, em uma escala mais local em diferentes regiões do país, com uma abordagem quantitativa e qualitativa entre 1987 e 2018/2019. Esse período é devido ao acesso aos dados e à necessidade de trabalhar durante um período de, pelo menos, 30 anos, para avaliar as tendências climáticas (ORGANIZAÇÃO METEOROLÓGICA MUNDIAL, 2011).

#### 4. ESTRATÉGIA METODOLÓGICA

A estratégia metodológica para identificar e caracterizar as inundações em localidades urbanas em nível nacional e seu padrão de distribuição é baseada em uma análise espacial dos registros através de um SIG. O ponto de partida foram os dados disponíveis em diferentes instituições, utilizando informações sobre a sociedade e os ecossistemas, já que se baseia na premissa de que para gerar uma visão ambiental do território é necessário entrelaçar dados tanto das localidades urbanas quanto dos ecossistemas presentes. Foram identificadas as localidades urbanas localizadas em áreas úmidas, que possuem registros de enchentes, como sua população é caracterizada e como estão espacialmente distribuídas no território nacional. A Figura 8 mostra um esquema metodológico que permite a visualização da estratégia de pesquisa de forma integrada.

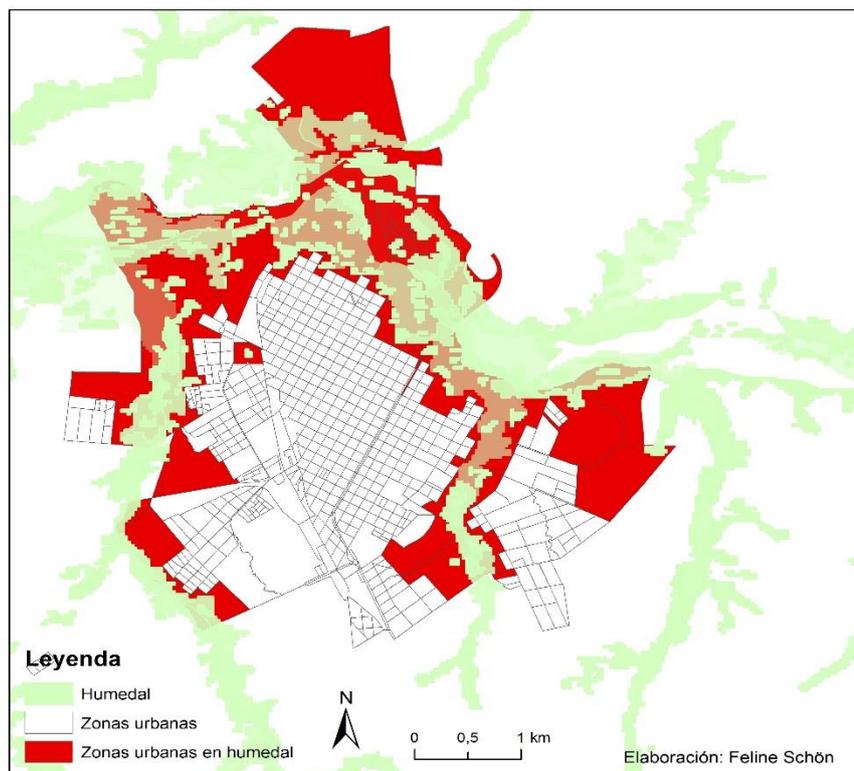
Figura 8 - Esquema metodológico



Trabalhamos com o software Arc GIS 10, integrando informações espaciais de áreas urbanas com base em dados do censo do INE de 2011, do registro nacional de inundações do SINAIE entre 1983 e 2017 e, informações geradas no avanço do inventário nacional de áreas úmidas, que identifica e caracteriza as áreas úmidas do Uruguai (DINAMA, 2016).

Uma vez definidas as localidades urbanas dentro das áreas úmidas, cruzando as informações das camadas urbanas e úmidas, foi determinada a população potencialmente afetada pelas enchentes nas áreas úmidas (Figura 9). Para isso, trabalhamos com informações acessíveis do Censo da População e Habitação de 2011 do INE, pois essa é a informação mais completa e acessível em nível nacional.

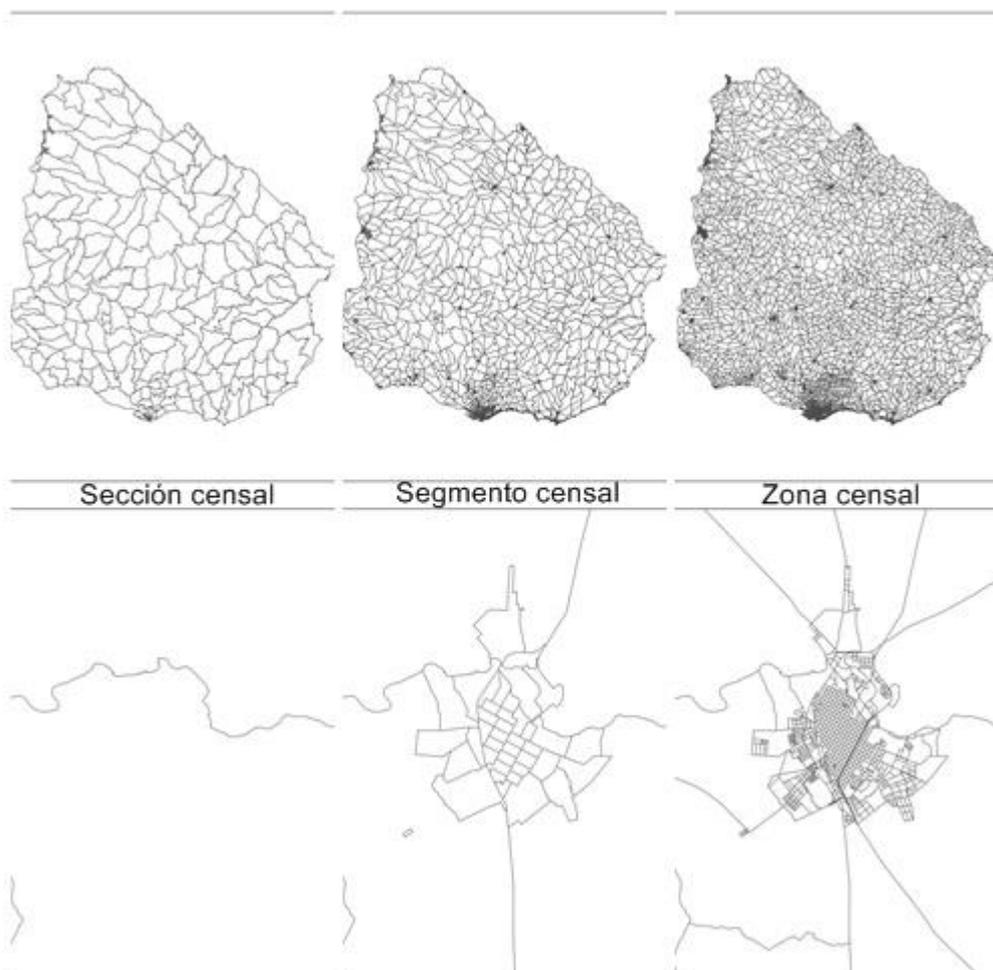
Figura 9 - Exemplo de recenseamento sobrepostos e zonas úmidas em Durazno



Fonte: INE 2011, LDSGAT – DINAMA 2016, elaboração própria.

O INE propõe diferentes informações populacionais em diferentes unidades censitárias integradas espacialmente em diferentes escalas, País, Departamentos, Seções Censitárias, Segmentos Censitários e Áreas Censitárias (Figura 10). Esse documento utiliza a unidade de área urbana, que é a menor unidade espacial na qual a informação do INE está disponível, sobrepondo-a com a informação da área úmida do inventário. Mesmo assim, é possível que uma parte da população que não habita realmente a zona úmida possa ser incluída, portanto essa análise deve ser entendida como uma primeira aproximação da situação das inundações em localidades urbanas em escala nacional.

Figura 10 - Unidades do censo do INE



Fonte: INE 2011, elaboração própria

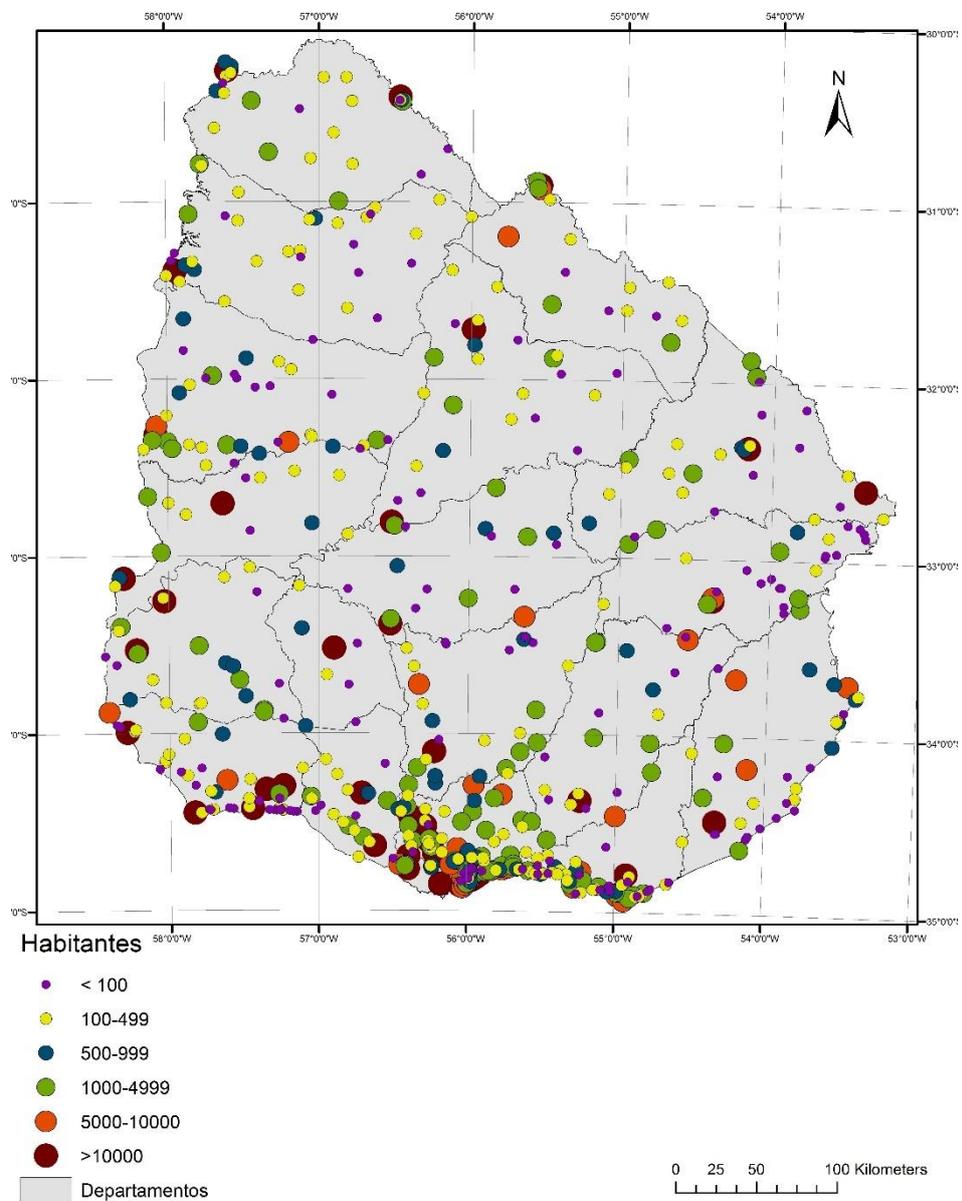
A metodologia utilizada permite resolver o problema identificado no trabalho da DINAGUA - MVOTMA (2014), no qual identificaram a população que vive em áreas propensas a inundações de cidades prioritárias, com base em uma curva de inundação e um modelo de altitude do terreno para identificar a população afetada, utilizando as áreas urbanas do INE. Contudo, enfrentaram o problema da disponibilidade de dados, uma vez que não há informações sobre inundações em todas as localidades, de modo que não é possível trabalhar em nível nacional. Por outro lado, a partir das áreas úmidas, que são em si mesmas propensas a inundações, é possível construir uma visão geral para todo o país das localidades localizadas nessas áreas baixas e com alta probabilidade de inundações. Atualmente, também como uma incidência de mudança ambiental global, os eventos de inundação podem estar avançando em direção a áreas não inundadas adjacentes a áreas úmidas. Portanto, a análise pode estar subestimando o problema e é necessário aprofundar nas áreas de inundação continuamente, já que estas podem mudar devido às mudanças ambientais globais.

Além disso, as localidades foram categorizadas por número de habitantes em diferentes grupos para demonstrar as diferenças entre as diversas categorias. As localidades foram categorizadas em seis grupos, com base na categorização do Instituto de Teoría Urbana y Urbanismo (ITU), da Faculdade de Arquitetura da Universidade da República que buscava, a partir de cortes naturais, uma definição de classes por intervalos populacionais subdividindo localidades com mais de 5000 habitantes, entre 5000-3000, entre 3000-1500, entre 1500-300 e menos de 300 habitantes (MARTÍNEZ ET AL., 2016).

Essa categorização é ajustada ao número de localidades localizadas em áreas úmidas, tentando gerar grupos de tamanho similar por categoria. Como estamos trabalhando com todas as localidades em nível nacional, foi necessária uma categoria maior do que as da ITU, para esse fim foram unificadas cidades com mais de 10.000 habitantes, já que para o Uruguai são relativamente grandes, foi utilizada a categoria de 5.000 habitantes, correspondente à definição de cidades intermediárias. Localidades com menos de 5000 habitantes foram divididas em quatro grupos, tentando gerar grupos equilibrados e manter o número de subgrupos da categorização

base (MARTÍNEZ ET AL., 2016). A categoria seguinte da ITU foi executada de 5000-3000 a 5000-1000 para gerar um grupo comparável com as outras categorias. A categoria seguinte unifica localidades entre 999 e 500 habitantes, a seguinte 499 a 100 habitantes e a última agrupa localidades que têm menos de 100 habitantes (Figura 11).

Figura 11 - Localidades urbanas no Uruguai (por número de habitantes)



Fonte: INE 2011, elaboração própria

A população que vive em áreas úmidas foi identificada utilizando informações por trato censitário, que é a menor unidade espacial disponível e, portanto, a mais apropriada para se aproximar da realidade. A partir das camadas geradas, foi calculada a porcentagem de pessoas e a área da superfície das cidades localizadas em áreas úmidas.

Além disso, foram inseridos os dados do SINAÉ, com os quais foram identificadas as cidades com um registro de inundações de 1983 a 2017, analisando sua localização em relação às zonas úmidas. Para poder utilizar o registro, a camada de áreas urbanas do INE foi cruzada com o banco de dados do SINAÉ, assim as 357 enchentes registradas foram localizadas em áreas urbanas. Com base nas informações georreferenciadas, 133 pontos foram corrigidos manualmente (com as informações apresentadas), de modo que o trabalho continua com 490 pontos de eventos de enchentes em áreas urbanas.

Para analisar a ocorrência de padrões espaciais em inundações urbanas no Uruguai, partimos da premissa que em um espaço geográfico todos os elementos componentes estão relacionados entre si (ANSELIN, 2000). A autocorrelação espacial reflete o grau em que os objetos ou atividades em uma unidade geográfica são similares a outros objetos ou atividades em unidades geográficas próximas (CELEMIN, 2009).

A ferramenta de estatística espacial da autocorrelação espacial global Moran I foi utilizada no ARCGIS com base na ausência (1) ou presença (2) de áreas úmidas e, em outra análise da ausência ou presença de inundação na localidade. Os valores 1 foram usados para a ausência (para não trabalhar com zero que pode gerar problemas no processamento) e 2 para a presença das áreas úmidas.

A autocorrelação espacial reflete um valor em que os objetos ou atividades em uma unidade são geograficamente similares em unidades geograficamente próximas. Ferramentas de análise espacial foram utilizadas para gerar um índice de estatística espacial, o índice Moran, que é uma medida de autocorrelação espacial do coeficiente de correlação de Pearson com uma matriz de ponderação de localização espacial com a faixa entre -1 e 1 (MORAN, 1948).

Os resultados do índice Moran mostram que as localidades em áreas úmidas estão significativamente regionalizadas, e também as localidades com registros de inundações, de modo que a investigação de áreas com maior probabilidade de ocorrência de inundações urbanas no território nacional é possibilitada. Para fazer isso, trabalhamos com a "análise dos pontos quentes" e sua interpolação espacial nas seguintes etapas.

Para regionalizar localidades úmidas e, por outro lado, localidades com registros de inundações, foram geradas duas "análises de pontos quentes", baseadas na ausência ou presença de zonas úmidas nas localidades e na presença ou ausência de registros de eventos de inundações por localidade. Esta análise identifica pontos quentes e frios estatisticamente relevantes usando a estatística  $G_i^*$  da Getis-Ord. Dado um conjunto de entidades (localidades) e um campo de análise (presença/ausência de zonas úmidas e de registros de eventos de enchentes na localidade),  $G_i^*$  torna possível ponderar a intensidade da ocorrência do evento em uma região específica (GETIS; ORD, 1992).

A estatística é uma metodologia global para quantificar o grau de autocorrelação espacial sobre uma área, nesse caso ela mede como a autocorrelação das localidades com registros de inundações varia em nível nacional e calcula um valor para cada uma delas. Ela se baseia no fato de que uma entidade estatisticamente significativa deve ter um valor elevado, mas também estar rodeada de valores elevados, o que a define como um ponto quente, que funciona procurando cada localidade (entidade) em relação às localidades vizinhas. Esse valor é mostrado através do z-score (estatística  $G_i$ ), quando são positivos e estatisticamente significativos, quanto maior, mais intensivo é o *agrupamento* de valores altos (hot spots). Caso a pontuação seja negativa, quanto menor o z-score e mais intenso o *agrupamento* dos valores baixos (pontos frios). O z-score mostra onde as entidades de valores altos ou baixos estão agrupadas espacialmente, nestes casos onde há localidades que estão em áreas úmidas e separadas que estão inundadas (WINCHELL ET AL., 2013).

Em um próximo passo foi gerada uma interpolação espacial, que é um processo que utiliza pontos com valores para estimar valores desconhecidos para outros pontos e gera uma regionalização dos pontos. Duas interpolações espaciais foram realizadas

com a análise espacial da distância ponderada inversa (IDW), para mostrar como as zonas úmidas e inundações estão organizadas espacialmente no território nacional, chegando a padrões espaciais que regionalizam as localidades em zonas úmidas e as localidades com inundações em nível nacional. Essa ferramenta interpola as distâncias inversas ponderadas, determinando os valores das células com uma combinação linearmente ponderada de pontos que estão ligados. O método se baseia na premissa de que as variáveis que são apresentadas cartograficamente reduzem sua influência conforme aumenta a distância entre pontos. Essa análise mostra o padrão espacial dos pontos de acordo com a probabilidade de eventos de inundação.

Com base nos resultados cartográficos das localidades nas regiões com maior risco de serem localizadas em áreas úmidas e de inundação, foi possível definir as localidades que estão se desenvolvendo nas regiões mais vulneráveis a eventos de inundação. Em um próximo passo, as localidades foram sistematizadas e analisadas dentro dos padrões espaciais baseados em dados estatísticos do INE, a fim de definir localidades prioritárias para análise em um nível mais alto de detalhe em diferentes regiões do país.

Nessa pesquisa, trabalhamos com diferentes localidades como estudos de caso, a fim de aprofundar o conhecimento sobre a realidade em escala local. O estudo de caso como abordagem metodológica dá a possibilidade de ajustar a metodologia para descrever e explicar cada caso. É válido utilizar uma variação de técnicas qualitativas e quantitativas, uma vez que cada estudo de caso tem sua singularidade e essa estratégia requer a compreensão de sua dinâmica atual (MARTINEZ, 2006).

Esse é um dos mais antigos métodos para descrever e explicar a vida social, seus antecedentes são encontrados em pesquisas médicas e psicológicas, nas quais cada paciente foi descrito e explicado como um caso particular (ARZALUZ, 2005). O pesquisador tem que escolher cuidadosamente a estratégia apropriada para poder responder a seus objetivos. Essa estratégia metodológica é adequada para entender como e porque certos fenômenos ocorrem e para gerar um estudo mais profundo sobre eles a partir de múltiplas perspectivas (MARTINEZ, 2006).

No presente trabalho, a metodologia foi ajustada a cada estudo de caso, dependendo do acesso à informação e da necessidade de ir mais fundo para entender cada caso em seu contexto único.

Entende-se que, para diagnosticar as causas das inundações nos estudos de caso e gerar uma perspectiva ambiental sobre o problema, é necessário focalizar as transformações territoriais, não apenas nas áreas urbanas, mas em todo o território da bacia hidrográfica onde está a localidade. Como a metodologia é ajustada a cada estudo de caso específico, a abordagem pode variar de um estudo de caso para outro. Portanto, existem certas diferenças no desenvolvimento de cada estudo de caso. O que eles têm em comum é a escala do trabalho, que contém dois momentos, um na escala da bacia hidrográfica, e outro mais local para a própria área urbana.

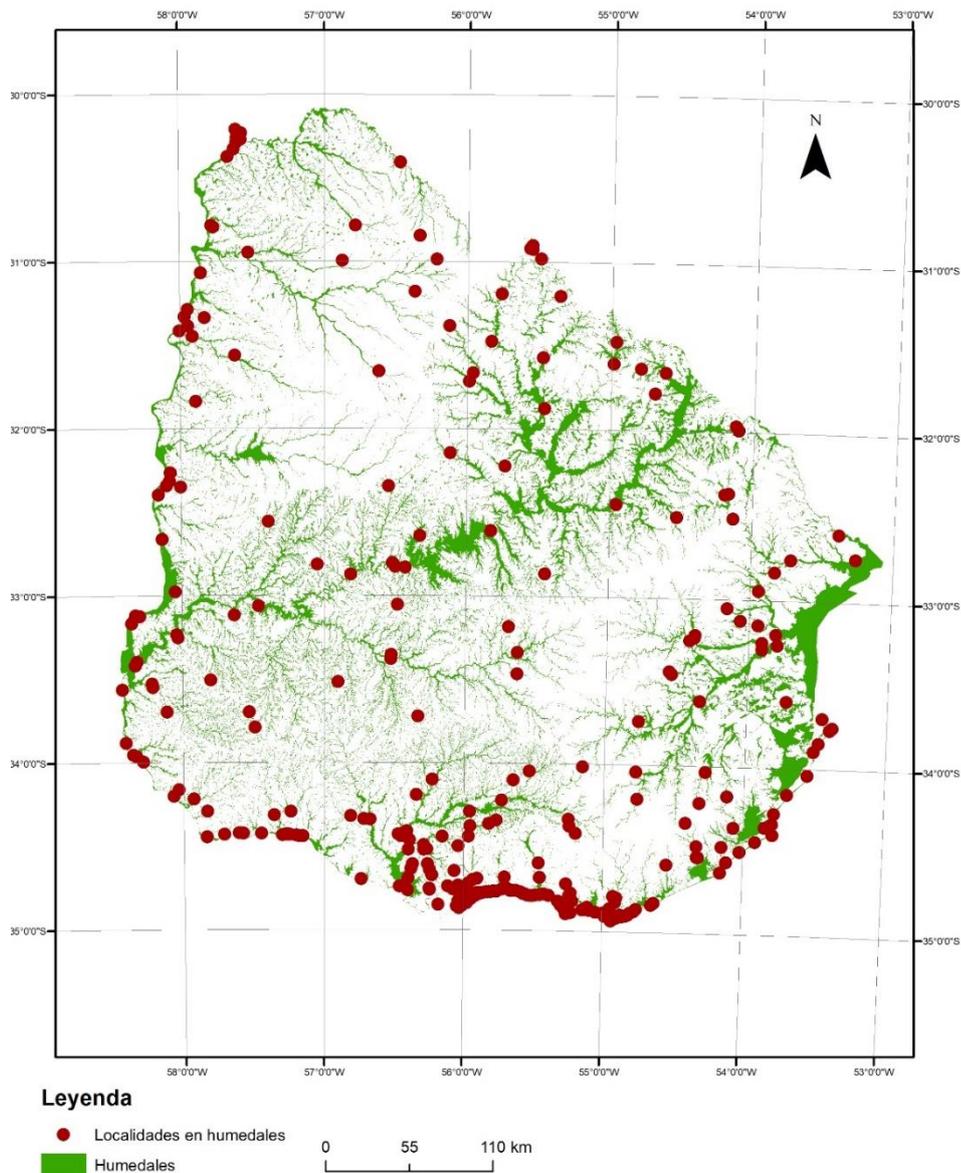
Em um próximo passo, com base nos estudos de caso, foram identificados critérios de planejamento urbano, para contribuir para a construção de uma estratégia para a proteção de áreas úmidas. Com essa análise ambiental, foram definidos indicadores que podem contribuir para a conservação das áreas úmidas e identificadas áreas prioritárias para a conservação.



## 5. ÁREAS URBANAS EM ÁREAS ÚMIDAS EM NÍVEL NACIONAL

Identificando as localidades urbanas que estão localizadas dentro de territórios de zonas úmidas, mostra-se que elas apresentam uma ampla dispersão. A construção de espaços urbanos em zonas úmidas é desenvolvida em todos os departamentos em todo o país (Figura 12). A distribuição espacial das 291 localidades encontradas nessas áreas indica sua dispersão no território nacional.

Figura 12 - Zonas úmidas e localidades urbanas no Uruguai



Fonte: INE 2011, LDSGAT – DINAMA 2016, elaboração própria.

No nível departamental, o número de localidades afetadas varia muito, com um departamento com apenas uma localidade e no outro extremo, um departamento com 73 localidades em zonas úmidas. A maioria das localidades está no sul do território nacional. Os departamentos de Montevideu e Canelones representam mais de 60% da população total do país, e também têm a maioria da população que vive em áreas úmidas.

O centro do país apresenta menos localidades afetadas e, há um grupo importante de localidades em áreas úmidas na costa do Uruguai. Mas em todos os departamentos há pelo menos 15% das localidades dentro dos territórios de zonas úmidas. Em mais da metade dos departamentos há mais de 10 localidades em zonas úmidas. Além disso, 14 dos 19 departamentos têm mais de 40% das localidades urbanas dentro de áreas úmidas, e em seis departamentos mais de 60% das localidades estão nessa situação. No total, em nível nacional, 50% das localidades estão em áreas úmidas (Tabela 3).

Tabela 3 – Localidades e pessoas localizadas em áreas úmidas por departamento

<b>Departamento</b>	<b>Número de locais</b>	<b>%</b>	<b>Número de pessoas</b>	<b>%</b>
<b>Artigas</b>	11	40,7	2.752	3,9
<b>Canelones</b>	73	62,9	42.190	8,9
<b>Cerro Largo</b>	10	34,5	1.198	1,5
<b>Colonia</b>	23	46,9	9.008	8,1
<b>Durazno</b>	7	41,2	4.007	7,7
<b>Flores</b>	1	16,7	42	0,2
<b>Florida</b>	6	20,7	5.033	8,7
<b>Lavalleja</b>	8	44,4	4.332	8,2
<b>Maldonado</b>	39	75	5.414	3,4
<b>Montevideo</b>	1	100	36.348	2,8
<b>Paysandú</b>	7	20	4.296	4
<b>Río Negro</b>	8	47,1	924	1,9
<b>Rivera</b>	13	76,5	6.944	7,2
<b>Rocha</b>	24	80	2.453	3,8
<b>Salto</b>	14	40	6.698	5,7
<b>San José</b>	10	33,3	7.214	7,9
<b>Soriano</b>	13	61,9	3.162	4,2
<b>Tacuarembó</b>	11	45,8	3.818	4,7
<b>Treinta y Tres</b>	12	42,9	681	1,5
<b>País</b>	<b>291</b>	<b>50,1</b>	<b>147.897</b>	<b>4,8</b>

Fonte: INE 2011; DINAMA 2016; elaboração própria.

É preocupante que tantas localidades estejam se urbanizando em áreas úmidas. Por sua própria localização, estão sob constante ameaça de enchentes e, ao mesmo tempo, geram um risco potencial para a proteção de áreas úmidas. As localidades estão espalhadas por todo o território nacional, embora a maioria esteja concentrada no sul, como pode ser visto na saída do mapa (Figura 12). O fato de 50% das localidades estarem localizadas em áreas úmidas requer um grande esforço logístico quando essas áreas são inundadas.

Em todos os departamentos existem várias localidades afetadas, o que mostra a necessidade de levar em conta as urbanizações no momento de gerar critérios para a proteção de áreas úmidas e, um possível plano de gestão e também no futuro planejamento urbano em nível nacional. Uma realidade preocupante diante da mudança climática, com a qual se prevê que os eventos das inundações, ligados ao cambio climático, serão mais frequentes e mais extremos (CONDE-ALVAREZ ET AL., 2007; GONZALEZ ET AL., 2003). É gerada uma situação alarmante para a sociedade, que só pode ser resolvida com um planejamento adequado pelo Estado, baseado em questões ambientais (JHA ET AL., 2012).

As novas condições ambientais previstas devido à mudança climática exigem planejamento territorial e ambiental, e várias cidades da região já estão analisando o que enfrentar possíveis desastres trará para seu futuro (DELGADO ET AL., 2012). Além disso, considerando que o inventario de zonas úmidas foi elaborado em nível nacional, e considerando a escala de identificação de zonas úmidas, é muito provável que ainda existam mais localidades que estão dentro de zonas úmidas, se analisadas em uma escala mais local.

Com base em dados do INE (INE, 2011), 147.897 pessoas são identificadas como vivendo em áreas úmidas, correspondendo a 4,8% da população total do país. Uma porcentagem que para um país tão pequeno como o Uruguai não deveria ser aceitável. Tanto quanto o número de localidades afetadas por departamento varia, como também varia o número de pessoas por departamento que vivem em áreas úmidas, como pode ser visto na Tabela 3. Por departamento há entre 42 e 42.190 pessoas vivendo em áreas úmidas, em termos relativos isto significa que em um departamento há apenas 0,2% da população que vive em áreas úmidas, e em outro há quase 9% da população do departamento. A população está concentrada no sul do país, também aqueles que vivem em áreas úmidas, sendo Montevideu e Canelones os únicos responsáveis por mais de 50% das pessoas afetadas. Em 16 dos 19 departamentos chegam a mais de 1.000 pessoas vivendo em áreas úmidas (SCHÖN ET AL., 2018).

Estes dados também se refletem no número de habitações localizadas em áreas úmidas, que representam 5,7% do número total de habitações, ou 73.484 habitações. Das habitações localizadas em áreas úmidas, mais da metade estão

ocupadas, 48.031, o que representa 4,5% do número total de habitações ocupadas em todo o país. Nas áreas úmidas também há habitações desocupadas, um total de 25.453, esse fenômeno ocorre apesar da falta de habitações nacionalmente, as habitações desocupadas em áreas úmidas representam 11,5% de todas as habitações desocupadas, de acordo com os dados do censo de 2011. É notável que mais de 10% das habitações desocupadas em nível nacional estão localizadas em áreas úmidas, mas sua localização pode ser a causa de sua desocupação, pois implica uma situação de risco contínuo em face de eventos de inundação.

O fato de tantas pessoas terem que enfrentar a probabilidade de ocorrência de enchentes afirma a preocupante situação de falta de planejamento no território nacional diante da dinâmica ambiental dos territórios. Além disso, mostra que essa é uma questão que deve ser discutida em todas as intendenções departamentais, já que não é um número menor de pessoas afetadas, mas uma realidade de quase 150.000 pessoas. Embora o fato de viver em áreas úmidas não signifique necessariamente que suas casas estejam inundadas, nem é um critério exclusivo para ter que enfrentar eventos de inundação, que também podem afetar as pessoas que não vivem em áreas úmidas.

A intervenção antrópica, que atualmente interfere em todos os sistemas ambientais, pode gerar mudanças no comportamento natural e gerar deslocamento das áreas afetadas, um assunto que teria que ser analisado caso a caso. Entretanto, por definição, as áreas alagadas são as áreas que são inundadas com mais frequência e por períodos de tempo mais longos (ACHKAR et al., 2016<sup>a</sup>) e, portanto, correspondem aos locais de maior risco devido a eventos de inundação.

Aparentemente, as cidades maiores, localizadas em áreas úmidas, registram um número maior de enchentes. Das 39 localidades com mais de 10.000 habitantes, 82% são inundáveis. Nessas localidades, todas as inundações são registradas em cidades com áreas úmidas, já que, em nível nacional, 95% daquelas com mais de 10.000 habitantes estão localizadas em áreas úmidas, incluindo todas as capitais de departamento. Em todas as categorias de cidades com mais de 1.000 habitantes que são desenvolvidas em áreas úmidas, mais de 40% são inundáveis, e em cidades com menos habitantes, menos de 20%. Deve-se notar que nas pequenas cidades, embora estejam localizadas em áreas úmidas, não foram registradas tantas inundações, de

modo que das 63 cidades com menos de 100 habitantes, apenas 6% são inundáveis (Tabela 4).

No total, 32% das localidades em áreas úmidas têm pelo menos um registro de inundação, um número que à primeira vista parece menor. Mas olhando para os valores absolutos, nos mostram que no total há 122 localidades urbanas com registros de inundação, das quais 93 localidades estão em áreas úmidas, esse número representa 76,2% das inundações registradas em nível nacional. Assim, existem 29 localidades com registros de eventos de enchentes que, de acordo com essa análise, não estão em áreas úmidas. Aproximando-se da realidade dessas localidades, é mostrado que, em 27 das 29, houve apenas um registro de inundações entre 1983 e 2017, nos dois restantes, duas vezes, todas essas localidades têm em comum o fato de estarem localizadas nas proximidades de áreas úmidas ou urbanização dispersa imbricada em áreas úmidas. A identificação das 29 localidades confirma que a maioria são pequenas localidades com menos de 1.000 habitantes, apenas sete têm entre 1.000 e 3.000 habitantes e duas têm mais de 5.000 (Lascano e Guichón). Além disso, existem 198 localidades em zonas úmidas que não têm registro de enchentes desde 1983 até o presente.

Tabela 4 – Localidades em zonas úmidas e suas inundações de 1983 a 2017, por categorias de seus habitantes.

<b>Categoria de localidades por habitante</b>	<b>Número de localidades localizadas em áreas úmidas</b>	<b>% Localidades em áreas úmidas de localidades em nível nacional</b>	<b>% Registro de eventos de inundação de localidades de zonas úmidas</b>	<b>Inundações em localidades localizadas em zonas úmidas, fora do registro total de inundações</b>
<b>&gt;10 000</b>	39	95	82	100
<b>9999-5000</b>	29	88	52	88
<b>4999-1000</b>	60	60	40	77
<b>999-500</b>	30	44	17	39
<b>499-100</b>	70	39	19	59
<b>&lt; 100</b>	63	40	6	57
<b>Total:</b>	<b>291</b>	<b>50,1</b>	<b>32</b>	<b>76,2</b>

Fonte: DINAMA 2016, INE 2011 e SINAIE 2017; elaboração própria.

O fato de quase todas as grandes cidades e todas as capitais de departamento estarem, pelo menos, parcialmente desenvolvidas em áreas úmidas é muito marcante e, muito provavelmente, o resultado de um desenvolvimento urbano não planejado em interação com processos de segregação social e exclusão territorial. Na maioria dos países não industrializados, as cidades têm crescido a um ritmo acelerado e sem planejamento ou regulamentação de construção (PERLO, 2000).

O Uruguai não é exceção e, no processo de crescimento, as áreas urbanizadas atingiram territórios de zonas úmidas, gerando como consequência os efeitos sociais e econômicos regulares dos eventos das inundações. No Uruguai, a realidade de ter cidades com grandes (des)arranjos territoriais e processos acelerados de urbanização em sua expansão, reflete implicações de segregação territorial, falta de sustentabilidade ambiental e econômica a longo prazo (DELGADO ET AL., 2012).

O banco de dados de inventário de zonas úmidas utilizado neste trabalho foi realizado em escala nacional, portanto é uma aproximação do número de localidades dentro dos territórios de zonas úmidas, já que a um nível mais local pode gerar imprecisões, como no caso das 29 localidades que possuem registros de enchentes e, de acordo com essa análise, não estão em zonas úmidas. Isso também pode ser entendido como um produto da mudança ambiental global, onde os eventos de inundação podem estar avançando em direção a áreas não inundadas adjacentes a áreas úmidas. Portanto, esta análise pode estar subestimando o problema.

A identificação de localidades que não são inundadas, embora sejam desenvolvidas em áreas úmidas, é uma questão que não pode ser respondida de forma unificada. Para identificar e caracterizar as diferentes situações, é necessário realizar uma análise caso a caso. Há muitas possibilidades possíveis em que, por exemplo, não foi gerado nenhum registro de evento de inundação, ou que as áreas úmidas estão nas bordas ou parques das localidades, ou seja, a localidade adaptada às áreas de inundação. Também pode ser que sejam incluídas situações em que o áreas úmidas esteja muito próximo ou no limite da localidade, ou em áreas onde a cartografia do INE não as classifica como áreas urbanas, de modo que não sejam incluídas nessa categorização. Essa limitação pode ser o resultado do trabalho com dados de diferentes instituições, já que, no momento de sobrepor informações

geradas com diferentes critérios e controles de qualidade, sempre podem ser geradas imprecisões.

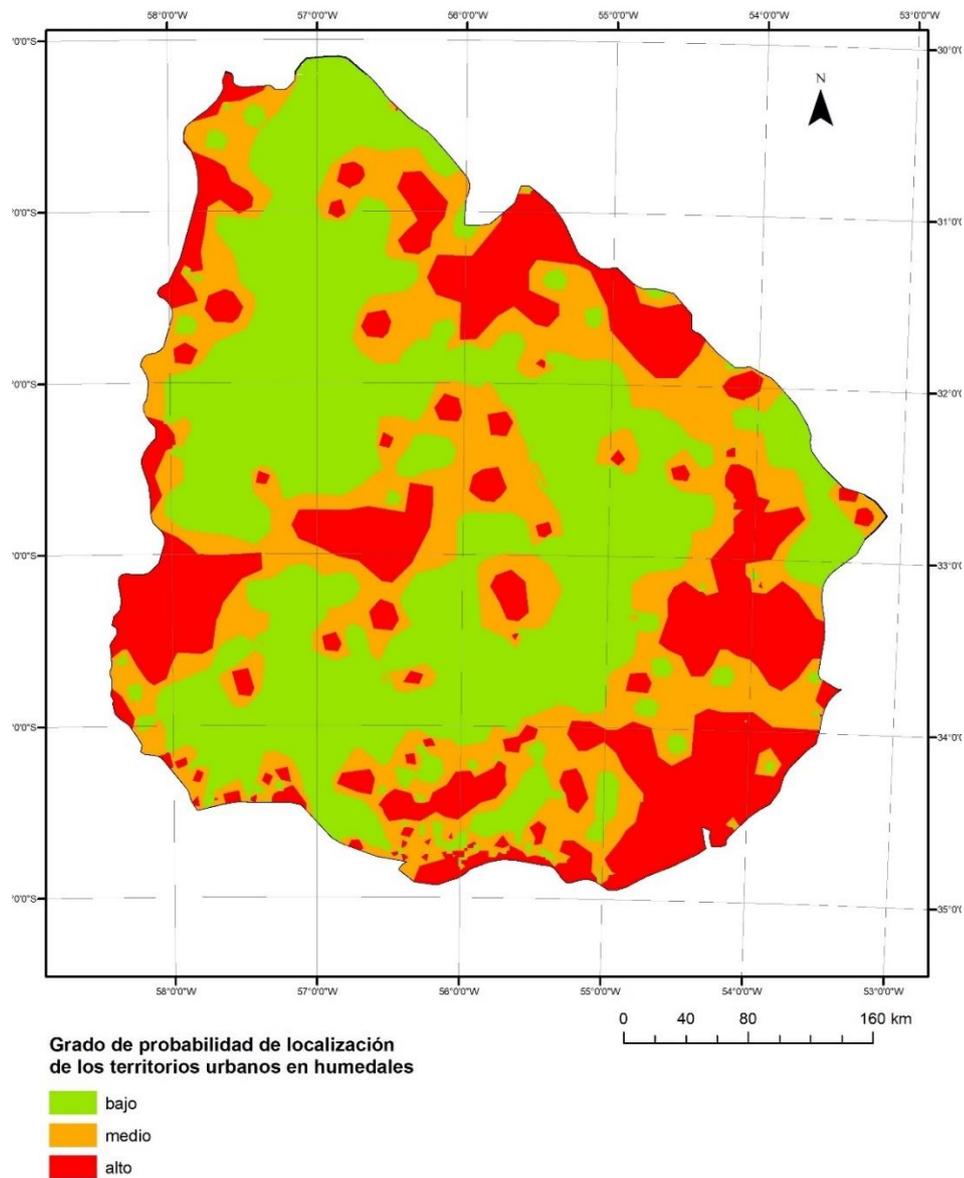
### 5.1. REGIONALIZAÇÃO

Analisando a distribuição espacial das localidades localizadas em áreas úmidas por meio da análise de autocorrelação espacial (global Moran's I), constata-se que a localização das localidades em áreas úmidas não é aleatória, e são identificados aglomerados significativos. Com base nessa verificação, a estatística  $G_i^*$  é utilizada para identificar as áreas com maior concentração de eventos de inundação em localidades urbanas (hot spots). Com estes resultados, a interpolação espacial é realizada para identificar as regiões do país que têm maior probabilidade de sofrer inundações em áreas urbanas.

Em nível nacional, são identificados pontos quentes gerados a partir da distribuição da presença ou ausência de zonas úmidas nas localidades e, também, utilizando a presença ou ausência de registros de enchentes nas localidades. Nas interpolações correspondentes é possível identificar as regiões nas quais as áreas mais prováveis de serem urbanizadas e habitadas em áreas úmidas ou, com maior risco de inundações nas localidades, podem ser localizadas, como mostrado nas duas saídas cartográficas com as áreas marcadas em vermelho (Figuras 13 e 14).

Analisando a distribuição espacial da presença/ausência de áreas úmidas em localidades, é mostrado um padrão espacial, no qual são identificadas diferentes regiões nas quais as localidades estão localizadas em áreas úmidas (Figura 13). Uma região é mostrada no oeste, uma no nordeste, uma no leste e sul, e alguns pontos específicos no centro do país. Um padrão espacial que é uma função da distribuição de grandes rios e da linha costeira no território nacional.

Figura 13 – Padrão espacial das localidades de zonas úmidas

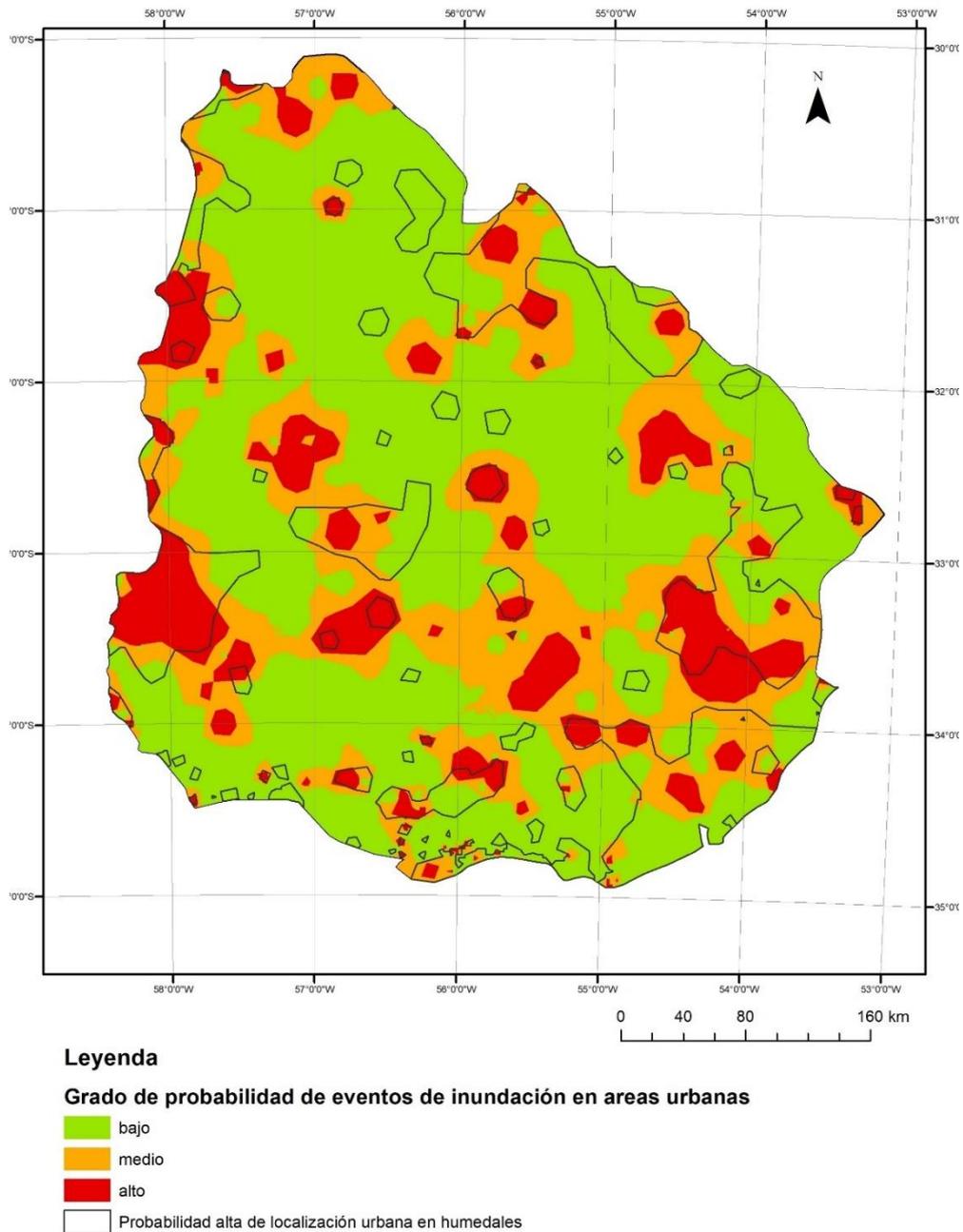


Fonte: INE 2011, LDSGAT – DINAMA 2016, elaboração própria.

Como mostra a interpolação espacial das localidades com registros de inundações entre 1983 e 2017 (ausência/presença), há pontos em todos os departamentos nos quais os riscos de inundações nas localidades são mais elevados, e certas áreas são formadas onde claramente não há risco de inundação. Além disso, pontos específicos dispersos são marcados no território de maior risco de inundação, maiores no noroeste/este e menores no sul do país (Figura 14). Uma faixa é gerada através do centro do país ligando as localidades do oeste e leste com áreas de maior

probabilidade de eventos de inundação. Em comparação com as regiões na figura 13, certos padrões são repetidos, as regiões de alto risco de localização de territórios urbanos em zonas úmidas são marcadas com linhas pretas na figura 14. As regiões de risco se sobrepõem nas regiões norte, oeste, leste e centro, formando regiões de duplo risco para as áreas urbanas do país. Por um lado, para o desenvolvimento em zonas húmidas e, por outro, para enfrentar inundações (Figura 13, 14). A importância dos vales dos principais rios do país é claramente mostrada no oeste e centro e na costa atlântica ao leste, áreas nas quais a expansão da urbanização é especialmente importante.

Figura 14 – Padrão espacial das localidades com registros de inundações



Fonte: INE 2011, LDSGAT – DINAMA 2016, elaboração própria.

As localidades localizadas nas áreas mais vulneráveis são comparadas, com base na interpolação espacial de localidades localizadas em áreas úmidas (Figura 13), com localidades localizadas nas áreas mais vulneráveis, com base na interpolação espacial de localidades que possuem registros de enchentes (Figura 14).

Existem 87 localidades em regiões de risco, das quais 21 têm menos de 1.000 habitantes e, entre elas, quatro têm menos de 100 habitantes. 17 localidades têm entre 100 e 500 habitantes, 24 localidades têm entre 1.000 e 5.000 habitantes, 11 têm entre 5.000 e 10.000 habitantes e 31 localidades têm mais de 10.000 habitantes.

Como mencionado por Perlo (2000), analisando as megacidades, o risco de um evento que afeta um número maior de pessoas aumenta quando a população é densificada nos grandes centros urbanos. Embora esse tipo de cidade não seja encontrado a nível nacional, o foco está nas maiores cidades com mais de 10.000 habitantes pelas mesmas razões. Enfatizando as localidades que estão em áreas de risco de acordo com a sobreposição dos padrões espaciais gerados, que têm mais de 10.000 habitantes no total, pois são as localidades em que pode haver mais população afetada, sendo mais de 45% dentro das áreas úmidas, oito cidades se destacam nas regiões de maior risco (Tabela 5). Cinco cidades no sul: Ciudad del Plata, Pando, Paso Carrasco, San José de Mayo e Santa Lucía; duas cidades no centro: Durazno e Florida e uma no norte: Rivera.

Tabela 5 - Cidades em regiões de risco com número de eventos de inundação registrados 1983-2017 e porcentagem de área dentro da área úmida

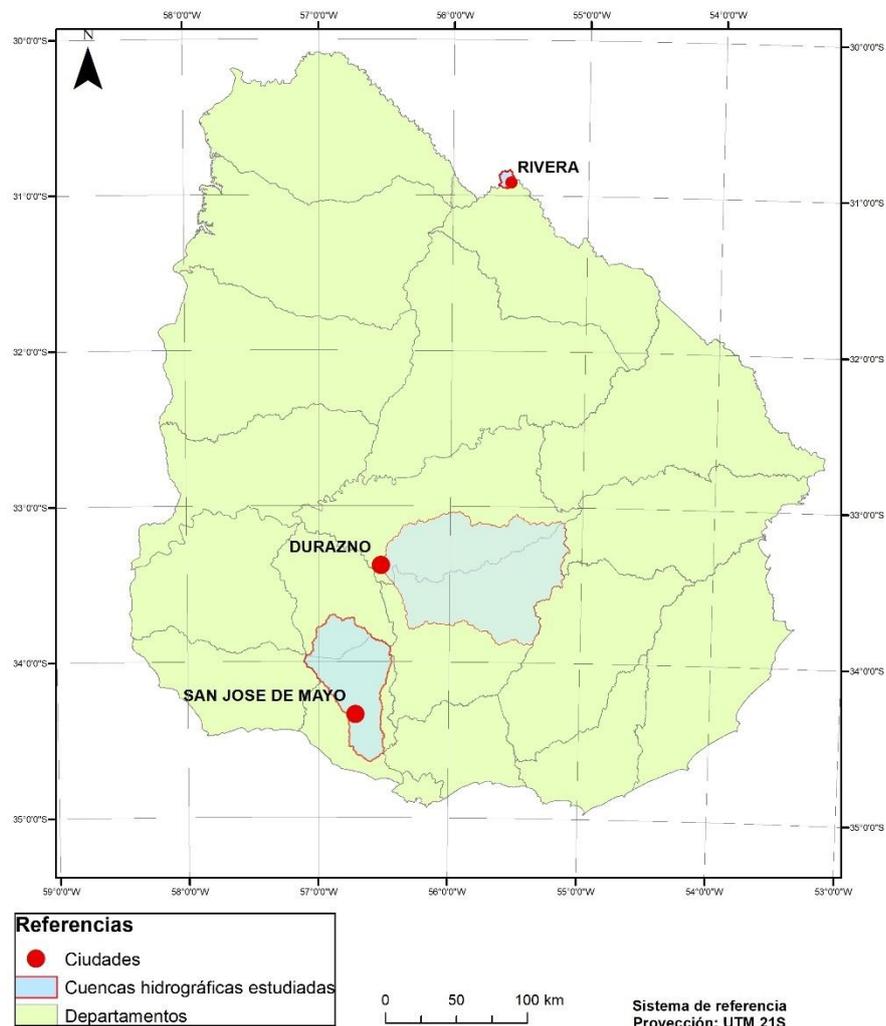
<b>Localização</b>	<b>% área dentro da áreas úmidas</b>	<b>Enchentes registradas</b>
Ciudad del Plata	51	2
<b>Durazno</b>	<b>47,7</b>	<b>27</b>
Florida	52,5	7
Pando	48,9	1
Paso Carrasco	47,4	2
<b>Rivera</b>	<b>45</b>	<b>17</b>
<b>San José de Mayo</b>	<b>46,8</b>	<b>11</b>
Santa Lucía	65	8

Fonte: INE 2011, DINAMA 2016, SINAIE 2017; elaboração própria.

A fim de aprofundar a avaliação da situação das localidades em áreas úmidas e seus eventos de enchentes em nível nacional, é considerado importante focar em cidades localizadas em diferentes regiões do país para realizar a análise do caso. Com base nos padrões espaciais (Figura 13 e 14) destacam-se as seguintes localidades: San José de Mayo, Durazno e Rivera, sendo as localidades do padrão espacial que têm mais de 45% de sua área urbana em territórios de zonas úmidas e, também, apresentam um alto recorde de eventos de inundação entre 1983 e 2017 (Tabela 5). Entretanto, não é apenas a população que vive em áreas úmidas que pode ser afetada pelas inundações, mas é provavelmente onde uma parte significativa da população local é regularmente confrontada com eventos de inundação.

As três cidades são importantes porque são capitais de departamento em três áreas diferentes do território uruguaio (Figura 15). San José de Mayo, como a capital do departamento de San José, faz parte do Sistema Urbano Metropolitano de Montevideu (ALTMANN, 2013), no sul do país. Está localizada na Bacia hidrográfica do Rio Santa Lucia, que é de enorme importância estratégica para a sociedade uruguaia, pois é uma das principais fontes de abastecimento de água potável para 60% da população e próxima à foz de um rio (ACHKAR ET AL., 2013).

Figura 15 - Localização dos três estudos de caso



Fonte: Elaboração própria.

Durazno e Rivera estão localizadas em diferentes setores da bacia hidrográfica transfronteiriça do Rio Uruguai cujo território se estende ao sudeste da Bacia hidrográfica do Prata e forma uma área estratégica por suas potencialidades ambientais, políticas e logísticas para a produção de *commodities* na Nova Ordem Agrícola Mundial. Durazno está no centro do país, e está localizada no subsetor da Bacia hidrográfica do Rio Negro, principalmente na planície de inundação (Figura 15). É uma cidade que tem sofrido muitas enchentes.

No caso de Rivera, no norte do país – fronteira com o Brasil, está localizada no sub-setor noroeste da bacia hidrográfica do rio Uruguai, em uma área de cabeceira de rio, que geralmente tem poucas áreas alagadas, mas ainda sofre com inundações regulares, sendo afetada parte da população local (Figura 15).

Em resumo, o número de localidades urbanas desenvolvidas dentro de áreas úmidas é impressionante, é claramente um problema em escala nacional. Em geral, pode-se dizer que essas localidades estão sob risco contínuo de enchentes, os eventos de enchentes estão concentrados nas maiores cidades, nas quais a maior parte da população é afetada. A presença de um área úmida não é um critério exclusivo para inundações, mas é um critério forte, uma vez que as áreas úmidas geralmente têm solos mais baixos e fazem parte das planícies de inundação. Vários fatores podem influenciar a ocorrência de uma inundação em uma localidade urbana, como o estado da zona úmida próxima, a situação de toda a bacia hidrográfica, o uso do solo, mas também a própria precipitação, precipitação total, precipitação por unidade de tempo, a proximidade do curso d'água, etc., é uma soma de fatores que devem ser levados em conta no momento da análise caso a caso (SCHÖN ET AL., 2018).

## 5.2. REFLEXÕES

As cidades e seu desenvolvimento geram transformações decisivas nos territórios e deterioram os ambientes naturais e seus recursos a um ritmo acelerado, tornando-se ambientes artificiais (PERLO, 2000). As localidades urbanas no Uruguai crescem nas margens das urbanizações estabelecidas, vêm avançando há várias décadas nas planícies de inundação, muitas vezes por iniciativa das autoridades locais e nacionais.

Esse crescimento urbano foi acelerado nos últimos anos e, na maioria dos casos, a expansão da área urbana não é acompanhada pela expansão dos serviços básicos para a população. Um caso preocupante é a dificuldade de construir sistemas de saneamento eficientes em planícies alagadas, formal e/ou informalmente urbanizadas. Esse é um processo conhecido qualitativamente, mas não quantificado espacialmente, é distribuído com maior ou menor intensidade em todo o território uruguaio.

Contudo, ainda não foi resolvido, uma vez que o mercado imobiliário expulsa indiretamente parte da população devido à falta de possibilidades econômicas de acesso a áreas residenciais não sujeitas a inundações. Nesse contexto, as inundações tendem a ser um dos maiores impactos sociais, sendo um problema comum nas localidades de todos os departamentos. Os solos ocupados em áreas propensas a inundações têm um alto grau de vulnerabilidade, pois em muitos casos são áreas úmidas, e a degradação destes ecossistemas também gera um feedback na severidade e frequência das inundações, mesmo inundando planícies não inundáveis.

Presume-se que as áreas urbanas tenham sido desenvolvidas em planícies de inundação devido à falta de um planejamento territorial adequado. Ainda que se aplicasse a lei dos centros populacionais, que regulariza que a urbanização não deve ser desenvolvida nas terras contíguas aos cursos d'água, levando-se em consideração 50 cm da última enchente conhecida, há escassez em sua aplicação. É importante criar uma estratégia territorial para agir adequadamente em áreas urbanas propensas a enchentes, pois é provável que a frequência de eventos de enchentes aumente devido à mudança climática. Atualmente, os POT's estão sendo desenvolvidos pelas autoridades departamentais para regular o uso futuro do solo, mas nem sempre levam em conta os fatores ambientais.

A geração de um registro nacional das localidades que são afetadas ou podem ser afetadas pelas inundações, por causa de sua localização, pode contribuir para o planejamento estratégico territorial. Esse trabalho mostra uma avaliação da situação em escala nacional do número de localidades localizadas em áreas úmidas e, também, das áreas e população que vivem nessa situação em localidades urbanas. Esses resultados devem ser considerados uma primeira aproximação, pois devido à complexidade de trabalhar com bancos de dados de diferentes instituições, em escala nacional, a inundação de áreas urbanas é provavelmente subestimada.

A fim de gerar uma estratégia territorial nacional para lidar com o crescimento urbano em áreas propensas a inundações, o padrão espacial fornece uma regionalização que pode ser usada como base para organizar os estudos de caso. A construção de soluções para esse problema é um dos principais desafios das diretrizes de ordenamento do território que estão sendo aprovadas nos diferentes

departamentos do país. Estabelecer critérios claros e estratégias de solução é uma necessidade para proteger as áreas úmidas e melhorar a qualidade de vida da população local.

Acrescentando as preocupações que a mudança climática traz, é de maior interesse poder prever onde os principais efeitos estão localizados no país e a população envolvida, já que se espera um aumento dos danos globais relacionados a eventos extremos, sendo ainda mais necessário agir dentro do planejamento urbano (BIRKMANN ET AL., 2010). Uma realidade que já está começando a ser observada no Uruguai, que aumenta os níveis de vulnerabilidade da população local e os custos de mitigação para os municípios.

Contudo, poucos estudos foram publicados sobre essa situação nas cidades, a partir de uma visão ambiental global do território no Uruguai. Para abordar a dimensão do problema é necessário trabalhar na integração de pelo menos duas escalas de trabalho, uma abordagem nacional, para conhecer a dimensão do problema e, com estudos de caso representativos para analisar em profundidade as inundações que afetam as populações locais. Essa abordagem permitirá compreender melhor os processos que estão ocorrendo em várias localidades do país e gerar possíveis soluções em escala geral.



## 6. A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SAN JOSÉ E A CIDADE SAN JOSÉ DE MAYO

A cidade de San José de Mayo e a bacia hidrográfica do rio San José formam o primeiro estudo de caso. Uma vez que, de acordo com o registro nacional de zonas úmidas, 46,8% da área urbana está em áreas baixas (DINAMA, 2016) e 11 eventos de inundação foram registrados durante 1987 e 2017 (SCHÖN ET AL., 2018).

### 6.1. CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA

A bacia hidrográfica do rio San José cobre uma área de aproximadamente 3567 km<sup>2</sup>, o curso principal tem uma extensão de 180 km. O Rio San José com os córregos Santa Lucia Chico e Santa Lucia Grande formam a Macro-bacia hidrográfica Santa Lucia. A bacia hidrográfica do rio San José é composta por mais de 40 sub-bacias hidrográficas, 22 das quais têm uma superfície entre 30 e 500 km<sup>2</sup>, e 18 delas têm formas alongadas a ligeiramente alongadas (com maiores vantagens na drenagem de grandes volumes de chuva, reduzindo a vulnerabilidade a inundações) (WARD; ROBINSON, 2000). A bacia hidrográfica drena uma superfície composta de rochas cristalinas muito antigas (Paleoproterozóico), que se estendem a noroeste da cidade de San José até a Serra de Mahoma (cisalhamento Cañada Tabárez) (PRECIOZZI ET AL., 2004). A classificação morfológica (Strahler) do rio chega à ordem 6 e mantém essa ordem até a foz, o San José tem um leito de rio reto.

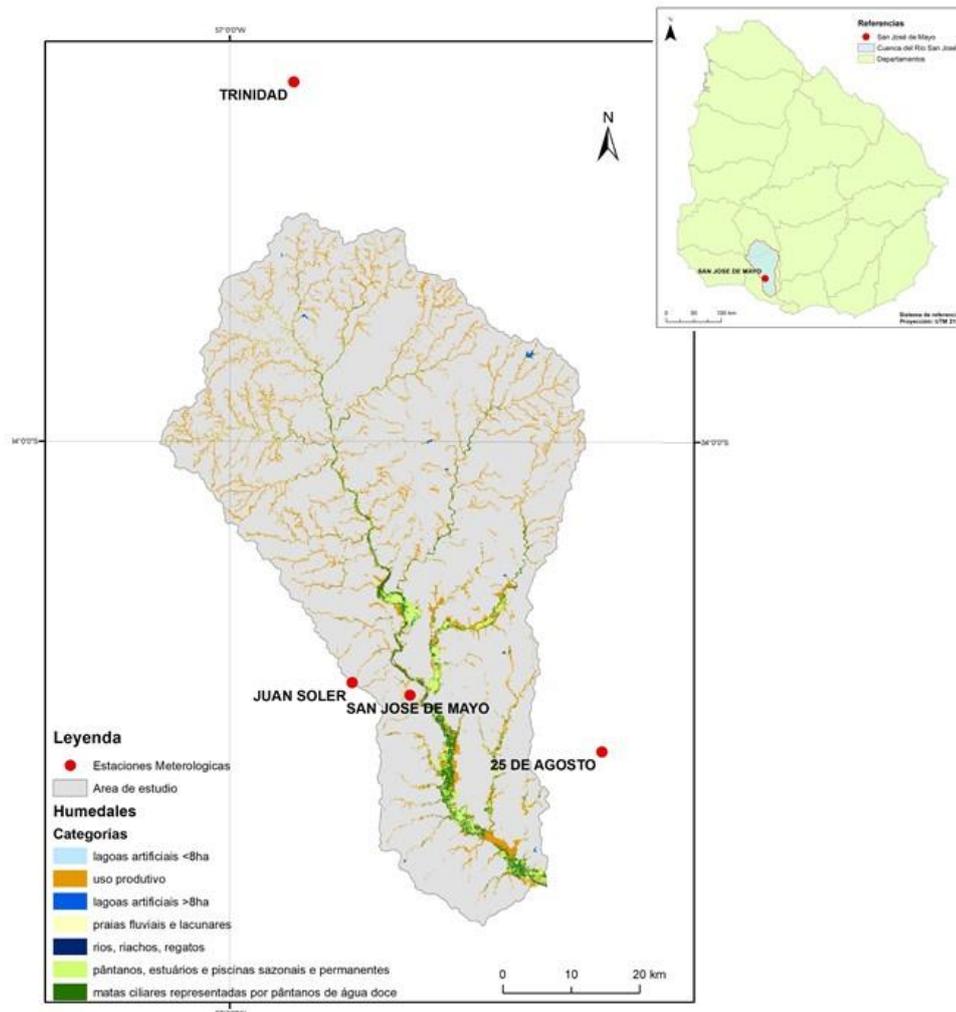
A bacia hidrográfica está localizada no sul do país, região em que o relevo é caracterizado por colinas com declives íngremes de 6 a 18% no norte e colinas arredondadas com declives moderados a suaves de 1,5 a 3,5% no centro-sul. A bacia hidrográfica também possui importantes planícies fluviais associadas a pântanos permanentes e sazonais, com predominância de vertissolos e brunossolos (MGAP, 1994).

De acordo com as características físicas da bacia hidrográfica, diferentes compartimentos geomorfológicos podem ser identificadas a nível geral: 64,5% da bacia hidrográfica é caracterizada por colinas e colinas cristalinas, enquanto colinas sedimentares ocupam apenas 23%, planícies e planícies fluviais ocupam 8% e a Serra

de Mahoma 3% do território. Cada uma delas tem certas geoformas, assim como diferentes tipos de solos e ecossistemas associados.

De acordo com a tipologia Ramsar, cerca de 10% da área de estudo da Bacia hidrográfica do Rio San José é ocupada por zonas úmidas. Na área de estudo existem pântanos, estuários e piscinas sazonais e permanentes, representando 18% das áreas úmidas, fazem parte dos sistemas de pântanos que apresentam inundações ou saturação recorrentes ou sustentadas. Além disso, existem sistemas fluviais que envolvem os cursos dos rios, riachos, regatos representados com 1,4% e, matas ciliares representadas por pântanos de água doce que representam 15,5% dos pântanos da área. Também estão presentes sistemas artificiais envolvendo zonas úmidas que foram modificados para fins produtivos, tais como lagoas artificiais menores que 8 ha representando 0,3%, lagoas artificiais maiores que 8 ha representando 0,6%, e zonas úmidas que foram transformadas para uso produtivo, representando 64,2% do total das zonas úmidas da área de estudo. Outros sistemas, que incluem zonas úmidas, cujas características ecológicas apresentam aspectos únicos na área de estudo, são formados por praias fluviais e lacustres, que representam 0,03% das zonas úmidas (Figura 16).

Figura 16: Tipologia das áreas úmidas de Ramsar na bacia hidrográfica do rio San Jose e estações meteorológicas



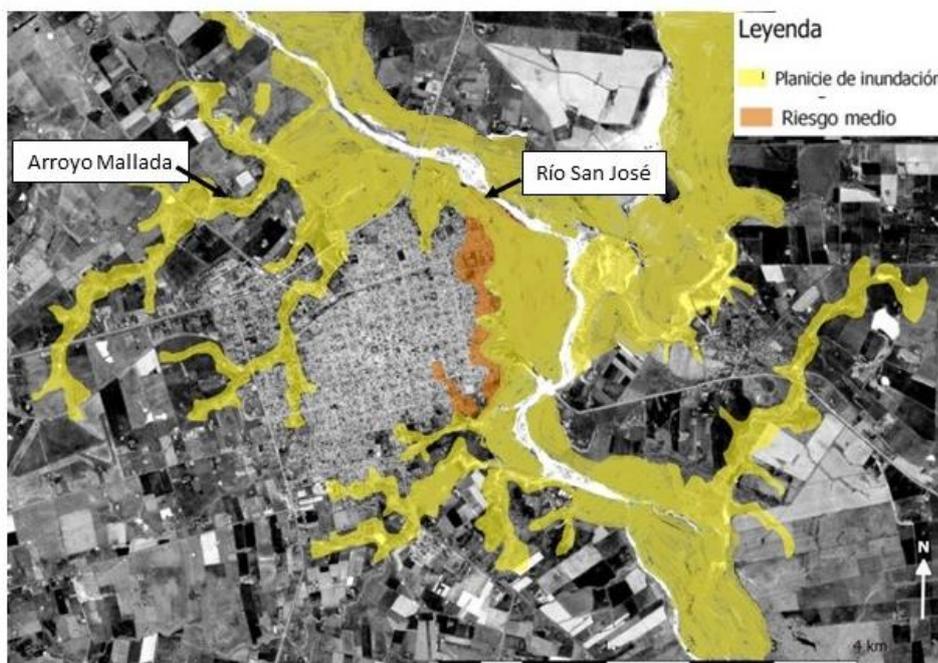
Fonte: LDSGAT- DINAMA 2016, elaboração própria.

Diversas atividades produtivas são realizadas nessa bacia hidrográfica, principalmente a produção leiteira e a agricultura, favorecida pela presença de solos médios a profundos com boa fertilidade. Da mesma forma, nos últimos anos, houve um aumento no número de agroindústrias, tais como estabelecimentos de engorda de gado de confinamento, matadouros e infraestrutura ligada à produção de cereais (silos), localizados em áreas urbanas e suburbanas. Há também projetos de mineração em diferentes estágios de desenvolvimento, principalmente associados à extração de agregados.

Existem 11 cidades na bacia hidrográfica: San José de Mayo, Ismael Cortinas, Rodríguez, Puntas de Valdez, Mal Abrigo, Raigón, Juan Soler, Villa María, Cañada Grande, San Gregorio e Carreta Quemada. A maior cidade da bacia hidrográfica é a cidade de San José de Mayo com 36.743 habitantes, dos quais 4.018 habitantes estão localizados em áreas propensas a enchentes. San José de Mayo está localizada na bacia hidrográfica inferior e faz parte do Sistema Urbano Metropolitano de Montevideú (INE, 2011).

A estrutura urbana de San José de Mayo está localizada entre dois cursos fluviais, o Rio San José e o Córrego Mallada, rodeado por áreas planas e inundáveis. Os solos predominantes nas microbacias hidrográficas urbanas são os vertissolos e brunossolos com drenagem moderada. A cidade se densificou nas últimas décadas, principalmente na planície de inundação, em áreas de médio e alto risco de eventos de inundação no Rio San José (Figura 17). Durante as inundações fluviais, as áreas baixas, associadas às sub-bacias hidrográficas urbanas, funcionam como planícies de inundação. Atualmente, grandes obras de enchimento e construção de moradias estão sendo realizadas na planície de inundação do córrego Mallada, o que gera novas áreas propensas a inundações na zona urbana.

Figura 17 - Áreas em risco de inundação em San José de Mayo



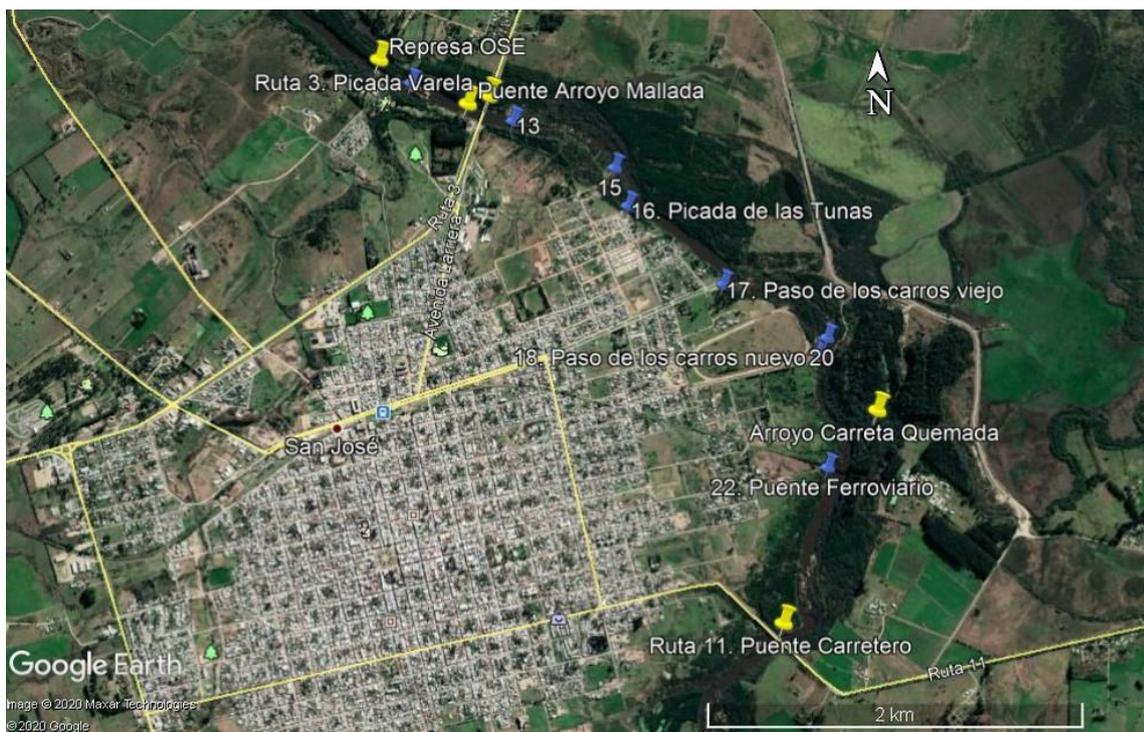
Fonte: Elaboração própria, estereoscopia em fotos aéreas de 1966 apresentada na imagem de satélite MSI/Sentinel-2 de 10.06.2017.

## 6.2. METODOLOGIA

A estratégia metodológica para caracterizar os eventos de enchentes e discutir suas possíveis causas teve escalas diferentes. Foi baseado em uma escala localizada na cidade de San José de Mayo, estudando a área urbana do Rio San José. E, além disso, na escala da bacia hidrográfica, as mudanças no uso do solo no período 1987-2017 foram avaliadas através de um SIG, verificando-o no campo. A resposta da bacia hidrográfica do rio San José foi analisada desde sua hidrologia até fatores climáticos e meteorológicos, identificando outros fatores que favorecem a ocorrência de eventos de inundação na cidade de San José de Mayo. Para esse fim, foi avaliada a variabilidade da precipitação e dos níveis no período 1987-2017, um período de 30 anos que permite a avaliação das tendências climáticas (ORGANIZAÇÃO METEOROLÓGICA MUNDIAL, 2011). Da mesma forma, foi identificado o tempo de resposta do nível do rio com relação às chuvas, para o qual foi explorada a relação entre essas variáveis.

Para o estudo da área urbana da bacia hidrográfica, uma importante contribuição foi feita pela população local. Foram realizados workshops e um tour com vizinhos que forneceram informações sobre as mudanças observadas na paisagem nos últimos anos, as quais foram registradas através de notas de campo. Com essa técnica participativa foi possível caracterizar, a partir do conhecimento local, diferentes dimensões da experiência histórica do rio San José. Por sua vez, as áreas visitadas foram identificadas com pontos GPS, marcados in situ (Figura 18) e, foi realizada uma análise das mudanças no fluxo e nas áreas limítrofes do rio, comparando fotos aéreas de 1966 com imagens de satélite de 2018.

Figura 18 - Rota ao longo da área urbana do Rio São José



Fonte: Pontos GPS obtidos na rota ao longo do rio San José (27.02.20) no Google Earth Image. Elaboração própria

A fim de detectar as principais transformações do uso do solo na bacia hidrográfica do rio San José no período de estudo, trabalhamos com imagens de satélite de 1987 e 2017. Essa análise foi realizada porque a intensificação produtiva

modifica substancialmente o ciclo hidrológico e, portanto, está diretamente ligada à perda da capacidade de regulação do solo diante de possíveis eventos de inundação (BENAVIDES ET AL., 2018; HAGHNAZARI ET AL., 2015; ROLLÁN; BACHMEIER, 2014). Uma imagem TM/Landsat-5 de 06/09/1987 com resolução espacial de 30x30 metros foi baixada do site <https://earthexplorer.usgs.gov/> e, do site <https://scihub.copernicus.eu/dhus/>, uma imagem MSI/Sentinel-2 capturada em 10/06/2017, com resolução espacial de 10x10 metros.

As classificações supervisionadas foram realizadas utilizando o método da distância mínima. Esse método calcula a distância euclidiana entre a reflectância dos pixels da imagem e os pixels de treinamento, aos quais é atribuída uma classe de identidade conhecida. Então, cada pixel de imagem é atribuído à classe com as reflectâncias mais próximas de sua própria (CONGEDO, 2016; RICHARDS; JIA, 2006). Para esse fim, foram considerados os reflexos das faixas azul (~490nm), verde (~560nm), vermelho (~665nm) e quase infravermelho (~865nm).

Foram definidas quatro classes correspondentes ao uso da terra: floresta nativa e florestamento, já que não há grandes áreas florestais que distorçam o funcionamento hidrológico da bacia hidrográfica. Culturas, que incluíam parcelas de pastagens plantadas para fins de forragem, uma vez que substituem completamente a cobertura vegetal e apresentam uma assinatura espectral semelhante à das culturas. As pastagens representam a classe mais genérica, pois são constituídas por pastagens de produtividade diferente, bem como por pântanos e matagais. Finalmente, a classe Infraestrutura incluiu áreas industriais, residenciais e rodoviárias.

A classificação do uso do solo em 2017 foi validada pela determinação do nível de precisão. Para a qual foi realizada uma campanha de campo no outono de 2019, consistindo em uma excursão na qual 122 pontos de controle localizados, em ambos os lados da estrada, foram tomados e selecionados de acordo com seu uso do solo, 25% de todos os pontos de controle foram considerados para cada classe. A partir dessa rota, foi feita uma matriz de confusão que mostrou uma porcentagem de precisão de 87%, em que os maiores erros estavam associados à confusão entre prados e plantações, uma vez que esses últimos incluem prados plantados e, em áreas de baixa produtividade, apresentam uma assinatura espectral semelhante à dos

prados. Essa validação também permitiu conhecer a resposta espectral dos principais usos do solo, o que orienta a classificação de 1987.

Para analisar a variabilidade da precipitação na bacia hidrográfica, trabalhamos com séries históricas de precipitações diárias acumuladas durante o período 1987-2017, correspondentes às estações meteorológicas de Juan Soler, 25 de Agosto e Trinidad. Os registros dessas estações foram utilizados porque estão localizadas dentro da bacia hidrográfica ou muito próximas, tendo registros de todo o período de trabalho. As informações foram fornecidas pelo INUMET.

No contexto da atual mudança ambiental global, pode haver tendências crescentes tanto na precipitação acumulada quanto em dias de precipitação muito forte, com diferenças sazonais (BIDEGAIN ET AL., 2017). A análise explorou possíveis tendências sazonais em dois níveis, por um lado, considerando a precipitação acumulada por estação, e por outro lado, a soma sazonal de eventos diários de precipitação muito forte. Estes foram determinados a partir do índice R20 (HAYLOCK ET AL., 2006; ZHANG ET AL. 2011), que considera como um dia de precipitação muito forte aqueles casos em que a precipitação diária acumulada excede 20 mm, recentemente utilizada para a Bacia hidrográfica do Prata por Bidegain et al. (2017).

Para avaliar a presença de tendências na série de chuvas mensais acumuladas e a soma sazonal de R20, foi aplicado o teste Mann-Kendall (MANN, 1945; KENDALL, 1975). É um teste não paramétrico que avalia comportamentos monotônicos de séries de dados e tem sido amplamente utilizado para avaliar tendências em séries temporais hidrometeorológicas (ALVARIÑO ET AL., 2018; CAORSI ET AL., 2018; HIRSCH; SLACK, 1984; SARRICOLEA ET AL., 2017).

Para a análise da variabilidade dos níveis do rio San José, trabalhamos com uma série histórica de níveis diários correspondentes ao período 1987-2017, medidos na altura da cidade de San José de Mayo, fornecidos pela Dirección Nacional de Agua (DINAGUA). O objetivo da análise era avaliar o possível aumento da frequência dos eventos de inundação do rio San José, em termos gerais e sazonais. Dois níveis foram considerados como eventos: o nível de inundação a 5 metros, no qual o rio tem um canal de inundação completo sem transbordamento, e o nível de alerta de

transbordamento do canal a 7 metros, historicamente, quando esse nível era atingido, as evacuações eram registradas.

Com base na determinação desses níveis, foram geradas duas séries categóricas dicotômicas (evento/não evento), uma considerando eventos diários superiores a 5 metros e a outra superior a 7 metros. Essas séries permitiram obter a soma dos eventos mensais (utilizados para a avaliação geral) e sazonais. O teste Mann-Kendall foi usado para explorar a presença de tendências.

Para a análise da relação entre chuvas e níveis de rios, e do tempo de resposta após um evento pluviométrico, primeiramente, a existência de diferenças significativas entre as séries de chuvas e níveis que mostraram tendências foi avaliada, usando o teste não paramétrico Kruskal-Wallis. Da mesma forma, foi avaliada a existência de associações estatisticamente significativas, nesse caso utilizando o teste não paramétrico da Spearman (LEGENDRE; LEGENDRE, 1998). Em seguida, foi relacionado à intensidade do uso da terra, a fim de identificar como as mudanças no uso da terra afetam a resposta do nível do rio após eventos de precipitação (NAVARRETE ET AL., 2009; NOSETTO ET AL., 2015). Para esse fim, a série histórica de precipitações e níveis diários foram divididos em três períodos de 10 anos, que representam momentos chave na transformação do uso da terra no país (GAZZANO ET AL., 2019).

Os períodos definidos são os seguintes: 1987-1996, considerados como pré-entrada para a intensificação produtiva, em que os usos e a gestão das unidades produtivas tradicionais eram mantidos. 1997-2006 representa o período do início da intensificação produtiva, embora tenha havido profundas transformações no uso do solo, o manejo tradicional das culturas foi mantido. 2007-2017 é o período com a intensificação produtiva já consolidada, predominando as culturas de cereais e, a gestão das unidades produtivas é totalmente dominada pelo plantio direto (ACHKAR ET AL., 2016a).

Para identificar relações que não são instantâneas entre eventos de precipitação em diferentes estações meteorológicas e o tempo de resposta dos níveis dos rios na cidade de San José, trabalhamos com os três períodos selecionados e foi realizada uma análise de correlação cruzada para cada estação meteorológica, o que

permite obter resultados que consistem em um valor de significância ( $p$ ), magnitude ( $Z$ ) e sua variação em função de um atraso ( $\text{lag}$ ) no tempo (BERBERY; BARROS, 2002; CAMILLONI; BARROS, 2000; DÍAZ, 2014).

### 6.3. CARACTERIZAÇÃO DAS INUNDAÇÕES

Aquí, apresentamos os resultados obtidos em relação ao estudo da área urbana do rio San José, mostrando as mudanças no uso do solo na bacia hidrográfica entre 1987 e 2017. E, além disso, as tendências de precipitação na bacia hidrográfica, os níveis dos rios na cidade, e a ligação entre eles.

Com base no campo realizados com moradores locais e imagens de satélite, foram identificadas importantes mudanças na paisagem do rio San José devido ao acúmulo de sedimentos e vegetação, que avançou sobre essas e outras áreas em função de problemas com resíduos ao longo do rio, em frente à cidade de San José de Mayo. Os materiais se movem na direção norte-sul, formando fundos rasos e ilhotas. Com o tempo, dependendo dos fluxos de inundação, esses materiais não coesivos se movem para jusante, dando origem a novas áreas de acúmulo.

No canal existem áreas em que a velocidade diminui, levando a processos de acumulação de sedimentos. Com o tempo, se existem condições para a instalação de vegetação, são geradas condições que favorecem a formação de solos. Esse processo edáfico favorece a coesão entre os sedimentos, o que reduz o transporte de sedimentos, facilitando os processos de assoreamento do leito (Figura 19).

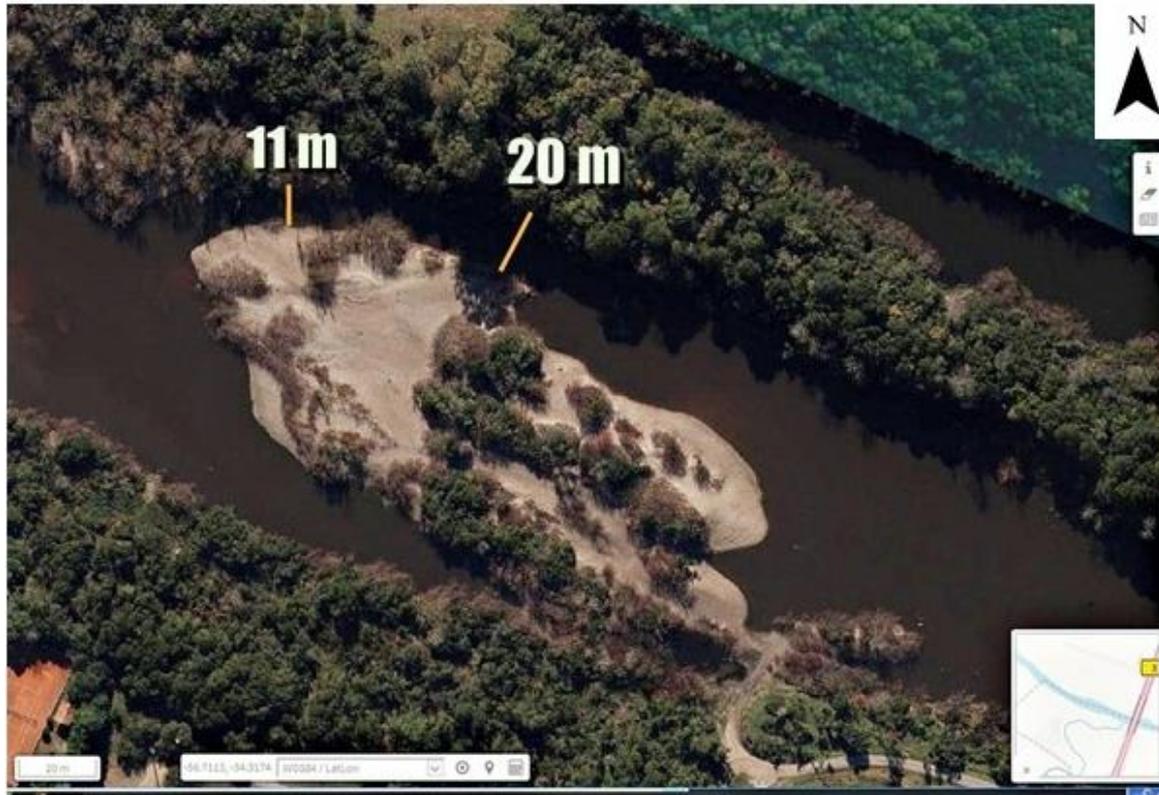
Figura 19 - Seção do rio San José mostrando as zonas de sedimentação nas margens convexas.



Fonte: Acima: Vôo de fotografia aérea 1966 (SGM). Abaixo: Vôo de fotografia aérea 2018 (IDEuy).  
Elaboração própria

Nos últimos anos, houve um aumento na superfície das ilhotas, formando áreas de praia. Em fluxos baixos, há uma grande ilha cobrindo, praticamente, toda a largura do leito. A água forma um canal de aproximadamente 11 m, em que a corrente se acelera e o fundo tem rochas (Figura 20).

Figura 20 - Arenal no Rio San Jose



Fonte: Vão de fotografia aérea 2018 (IDEuy). Elaboração própria

Da mesma forma, nos últimos anos, houve um aumento da vegetação nas ilhotas, o que reduz a mobilidade do fluxo durante os períodos de inundação normal. A área da Picada Varela (Figura 18) é uma das áreas com maior risco de inundação, uma vez que é onde o Arroyo Mallada deságua no rio (Figura 17). Esse curso do rio tem uma ampla planície de inundação ao norte da cidade e transporta grandes volumes de sedimentos, o que favorece o acúmulo de materiais em sua foz.

A jusante, um extenso banco de areia está localizado ao leste da cidade. Esse banco de areia tem vegetação arbórea enraizada com processos intensos de edafização, assim como canais abandonados e intermitentes com pouca ou nenhuma circulação de água (Figura 21).

Figura 21 - Arenal Vegetado e canal intermitente



Fonte: Fotografia de 27.02.20, elaboração própria.

Continuando a jusante, observou-se que, nos últimos anos, a área tem experimentado processos de assoreamento com sedimentos de areia grossa e rochas. Essa é uma área na qual o canal é raso em condições normais de fluxo (Figura 22). Em ambas as margens há um aumento da mata ciliar que se estende sobre a área arenosa. Esse setor do rio é utilizado como área de lazer, mas isto contradiz o fato de que também é utilizado como área de lixões endêmicos.

Figura 22 - Rio Raso



Fonte: Fotografia de 27.02.20, elaboração própria.

As áreas são encontradas na margem convexa, em que a largura do leito sofreu uma redução significativa do canal ativo e os sedimentos acumulados foram invadidos por uma colina fluvial (Figura 23).

Figura 23 - Redução de canais



Fonte: Vão de fotografia aérea 2018 (IDEuy). Elaboração própria.

O canal se assoreou e nas margens, como nas ilhas, pode-se observar o crescimento da vegetação ripária (Figura 23). Nas margens há acúmulos significativos de sedimentos de areia grossa, rochas e argilas, com importantes acúmulos de materiais que apresentam um alto grau de coesão, um produto de processos edáficos.

A jusante, o canal é mais largo, raso, com vegetação e alguns canais abandonados com águas estagnadas. Continuando ao longo do percurso, sedimentos mais grosseiros, como rochas, podem ser vistos nas margens. São observados sedimentos médios a finos. Existe uma pluma arenosa subaquática, sendo o início de um processo de acreção de sedimentos (Figura 24).

Figura 24 - Pluma de areia subaquática



Fonte: acima Vão Aéreo 2018 (IDEuy). Abaixo: Fotografia de 27.02.20, elaboração própria. Elaboração própria

A jusante da via férrea (Figura 18), o canal é mais reto, com uma largura de aproximadamente 60 m ao longo de 450 m, até onde se formaram duas zonas de acumulação e onde se encontra um novo gargalo de 2 m de leito (Figura 25).

Figura 25 - Asfixia dos canais



Fonte: Vão de fotografia aérea 2018 (IDEuy). Elaboração própria

Ao sul da Puente Carretero (Figura 18) há dois grandes acúmulos de sedimentos cobertos extensivamente por vegetação. Em ambas as áreas, o canal se estreita drasticamente (Figura 26). No primeiro, o canal é reduzido a 10% do original (de 60 m a 6 m) e, no segundo, reduz-se e gera um canal de 13 m, 14% do original que atingiu 95 m.

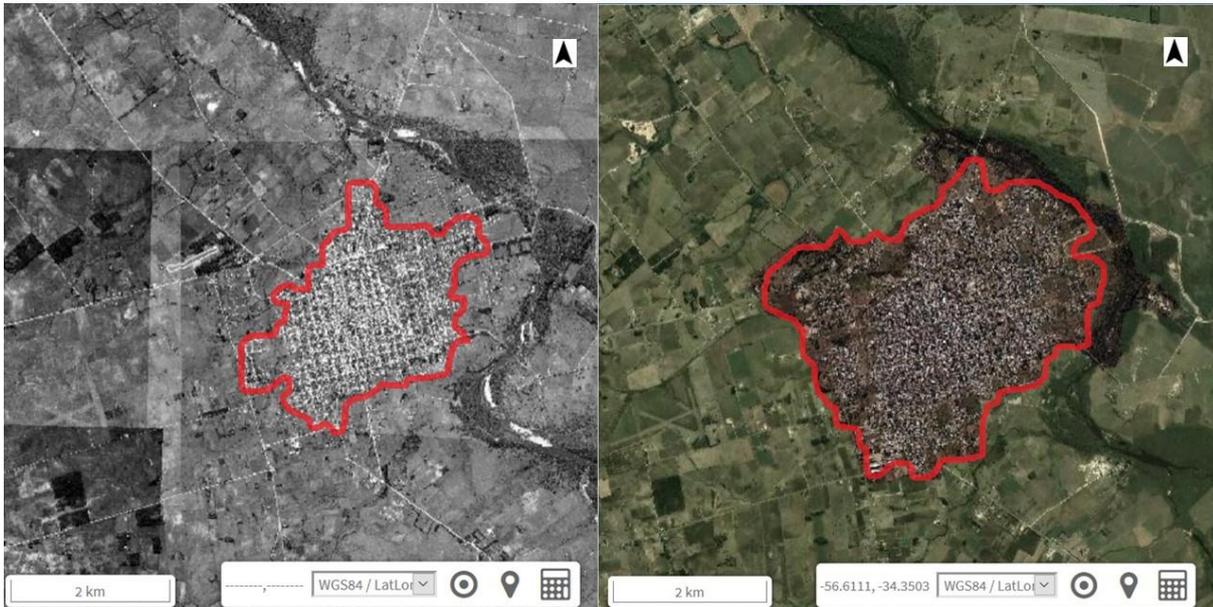
Figura 26 - Seção do rio San José mostrando zonas de sedimentação cobertas por vegetação.



Fonte: Esquerda: Vão de fotografia aérea 1966 (SGM). Direita: Vão aéreo 2018 (IDEuy). Elaboração própria

A cidade de San José de Mayo mostra um crescimento urbano significativo, uma densificação da área existente e processos de urbanização em direção a todas as suas margens. O desenvolvimento urbano em direção ao rio se destaca nas áreas baixas, que em 1966 ainda não estavam desenvolvidas, em 2018 avançaram para a margem do rio na zona norte e, em menor extensão na zona leste da cidade (Figura 27). Também ao nível dos habitantes, em 1963, na cidade de San José de Mayo residiam 27.482 habitantes e, segundo o último censo (2011), 36.747 habitantes (INE, 2011).

Figura 27 - Comparação do plano urbano de San José de Mayo entre 1966 e 2018.



Fonte: Esquerda: Vão de fotografia aérea 1966 (SGM). Direita: Vão aéreo 2018 (IDEuy). Elaboração própria

Na escala da bacia hidrográfica, os resultados das classificações de uso do solo a partir de imagens de satélite, de 1987 e 2017, sugerem que também houve uma grande transformação, principalmente associada à expansão das monoculturas de cereais e, à diminuição das áreas destinadas à melhoria das pastagens e prados para a atividade pecuária leiteira (Tabela 6).

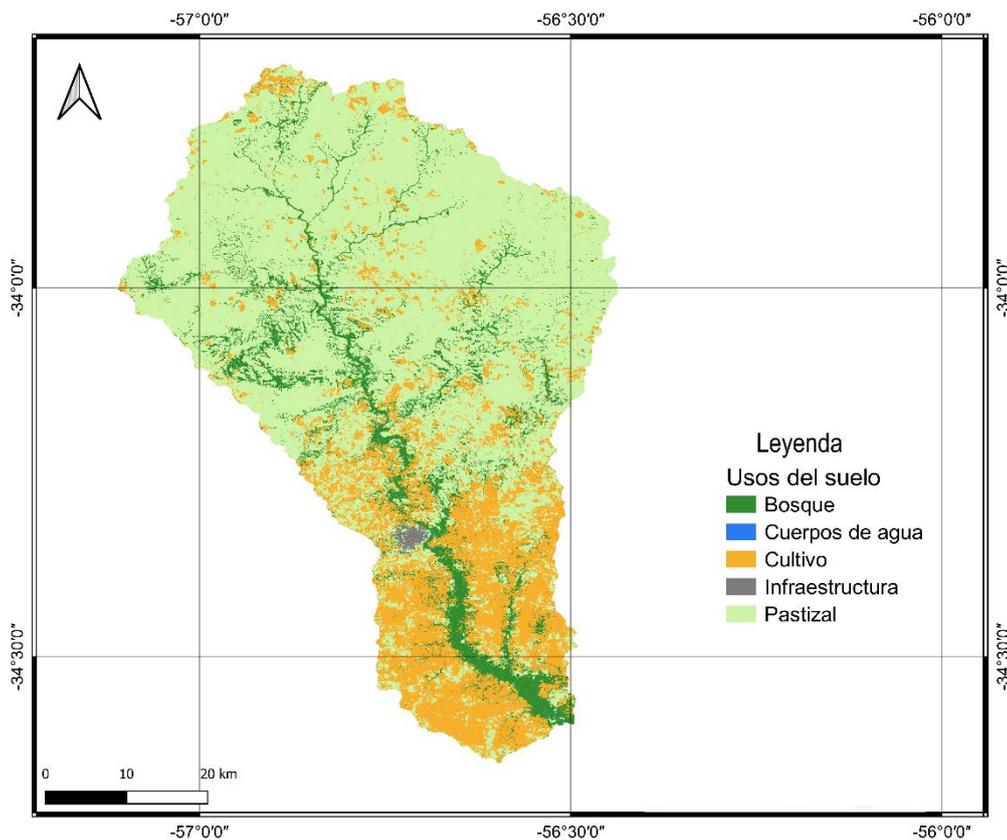
Tabela 6 - Uso do solo na Bacia Hidrográfica do San José, comparando 1987 e 2017

<b>Utilização</b>	<b>1987 (%)</b>	<b>2017 (%)</b>
Floresta	14,6	5,9
Cultivos	15,6	34,8
Prados e pastagens	69,5	58,4
Corpos de água	0,1	0,2
Infraestrutura	0,3	0,6

Fonte: Elaboração própria

Em 1987, as pastagens e pradarias naturais dominavam o uso do solo na bacia hidrográfica de San José, cobrindo aproximadamente 69,5% da área total, estavam associadas, principalmente, à produção de forragem. A área de cultivo cobria 15,6%, as florestas ocupavam 14,6% da bacia hidrográfica, os corpos de água representavam 0,1% e a infraestrutura 0,3% (Tabela 6). A área utilizada para as culturas estava localizada principalmente na parte sul da bacia hidrográfica, enquanto na parte norte da bacia hidrográfica predominavam os pastos e prados ligados à pecuária extensiva (Figura 28).

Figura 28 - Classificação do uso do solo a partir de 06/09/1987 na bacia hidrográfica do rio San José.

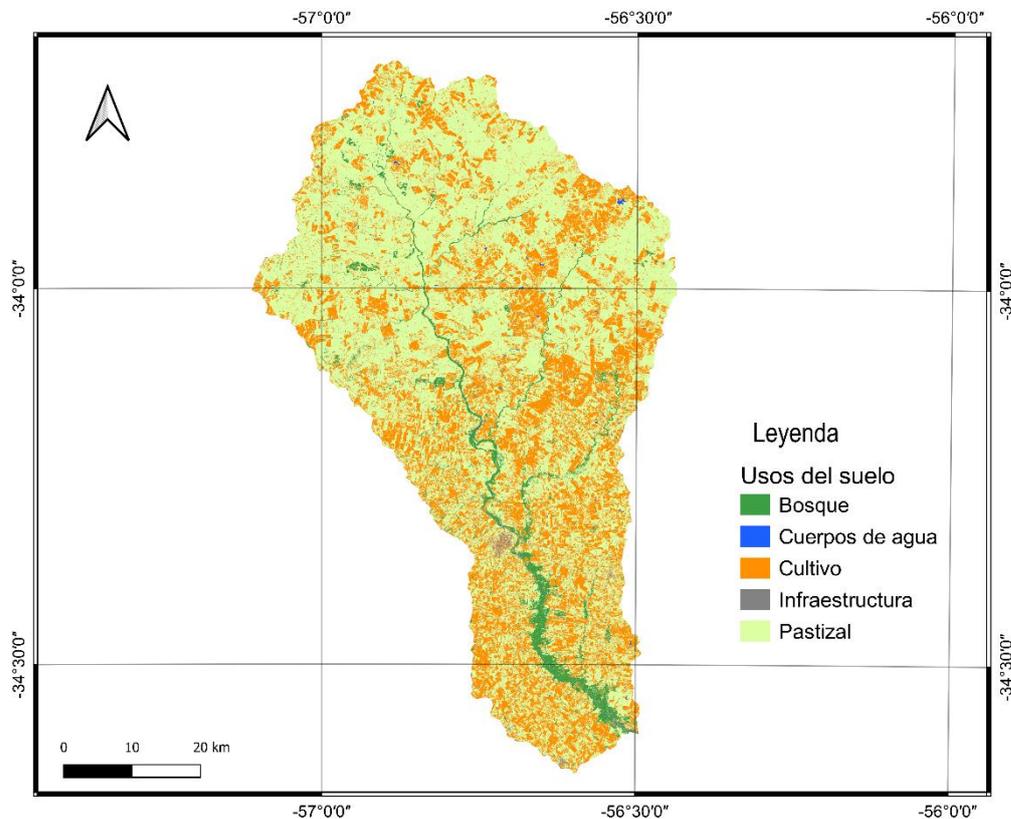


Fonte: Elaboração própria. Classificação supervisionada usando o método da distância mínima. Imagem Landsat-5 TM (NASA)

Em 2017, de acordo com a campanha de validação, a classificação realizada tem precisão de 87% e o uso predominante na bacia hidrográfica e de pastagens e

pradarias, mais diminui para 58,4%. Um 34,8% da área da bacia hidrográfica são monoculturas de cereais (soja, milho, sorgo), esse aumento da área cultivada é devido à expansão agrícola no norte da bacia hidrográfica. As florestas também diminuem sua presença e agora cobrem 5,9% da área. Tanto a infraestrutura quanto os corpos d'água não sofreram grandes mudanças, com um aumento mínimo da área de superfície de 0,6% para a infraestrutura e, 0,2% para os corpos d'água (Tabela 6; Figura 29).

Figura 29 - Classificação do uso do solo a partir de 10/06/2017 na bacia hidrográfica do rio San José.



Fonte: Elaboração própria. Classificação supervisionada usando o método da distância mínima. Imagem Sentinel-2 MSI (ESA)

Os resultados da soma sazonal das chuvas acumuladas mostram uma tendência crescente, estatisticamente significativa, no inverno nas estações de 25 de

Agosto e Trinidad. Também Juan Soler, na mesma estação, mostrou uma tendência parcialmente significativa (Tabela 7).

Tabela 7 - Análise de Mann-Kendall de acordo com as somas sazonais de chuva acumulada, valores de significância (p) e magnitude (Z).

	Juan Soler		25 de Agosto		Trinidad	
	Z	p	Z	p	Z	p
verão	0,68	0,496	0,84	0,399	0,24	0,808
outono	0,24	0,808	0,84	0,399	0,88	0,381
inverno	1,85	<b>0,065</b>	3,16	<b>0,002</b>	2,61	<b>0,009</b>
primavera	0,03	0,974	0,60	0,549	0,54	0,593

Fonte: Casos estatisticamente significativos ( $p < 0,05$ ) em vermelho, casos parcialmente significativos ( $p \geq 0,05 \leq 0,1$ ) em negrita, elaboração própria.

Eventos de precipitação intensa, superior a 20 mm (R20), mostram tendências crescentes durante o inverno (Tabela 8). A maior preponderância e magnitude foram em Juan Soler e 25 de Agosto, enquanto Trinidad foi parcialmente significativa. Em ambas as análises, a estação com a maior tendência de magnitude foi a 25 de Agosto (Tabela 7 e 8).

Tabela 8 - Análise de Mann-Kendall de acordo com a soma sazonal de R20.

	Juan Soler		25 de Agosto		Trinidad	
	Z	p	Z	p	Z	p
verão	0,12	0,908	0,33	0,745	0,41	0,679
outono	0,10	0,921	0,10	0,918	1,07	0,283
inverno	2,06	<b>0,039</b>	3,05	<b>0,002</b>	1,72	<b>0,085</b>
primavera	0,13	0,896	0,36	0,719	0,51	0,607

Fonte: Casos estatisticamente significativos ( $p < 0,05$ ) em vermelho, casos parcialmente significativos ( $p \geq 0,05 \leq 0,1$ ) em negrita, elaboração própria.

Também na ocorrência de eventos de níveis de fluxo superiores a 5 e 7 metros, o rio San José mostrou tendências significativas de aumento no inverno. A magnitude e importância de eventos maiores que 5 metros foram maiores do que aqueles identificados no nível de 7 metros (Tabela 9).

Tabela 9 - Análise Mann-Kendall realizada a partir da soma sazonal dos eventos onde o rio San José atingiu 5 e 7 metros respectivamente.

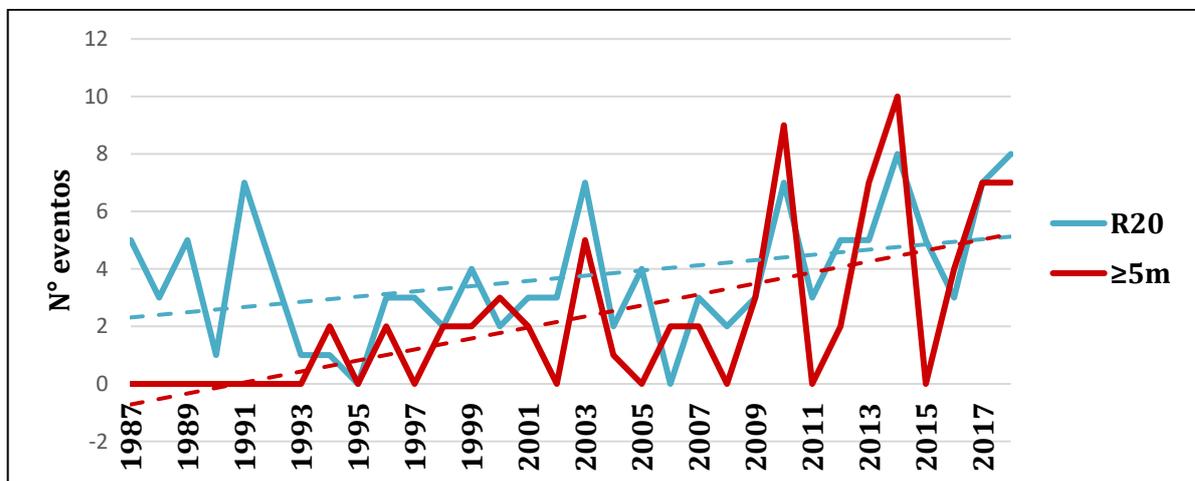
	5 metros		7 metros	
	Z	p	Z	p
verão	0,60	0,551	0,17	0,865
outono	0,00	1,000	1,16	0,244
inverno	3,64	<b>&lt;0,001</b>	3,41	<b>0,001</b>
primavera	1,16	0,245	1,46	0,144

Fonte: Casos estatisticamente significativos ( $p < 0,05$ ) em vermelho, elaboração própria

Os resultados obtidos da análise de tendências sugerem que a magnitude da tendência nos níveis dos rios é maior do que todas as detectadas para as séries de precipitação. A soma dos eventos diários maiores que 20 mm (R20) durante o inverno (Tabela 8) e, os eventos maiores que 5 metros na estação Juan Soler (Tabela 9), apresentaram diferenças estatisticamente significativas, nas quais o teste não paramétrico Kruskal-Wallis teve um *p-valor* <0.002. Eles foram significativamente correlacionados ( $p < 0.042$ ) com um  $R_s = 0,36$ , de acordo com o teste não paramétrico de Spearman.

Quanto às tendências, o R20 durante o período do estudo tinha um declive de 0,09, enquanto na série de níveis superiores a 5 metros era de 0,19. As estações de Trinidad e 25 de Agosto tiveram um comportamento semelhante ao de Juan Soler, os resultados são apresentados apenas para esse último porque é o mais próximo da cidade de San José de Mayo (Figura 30).

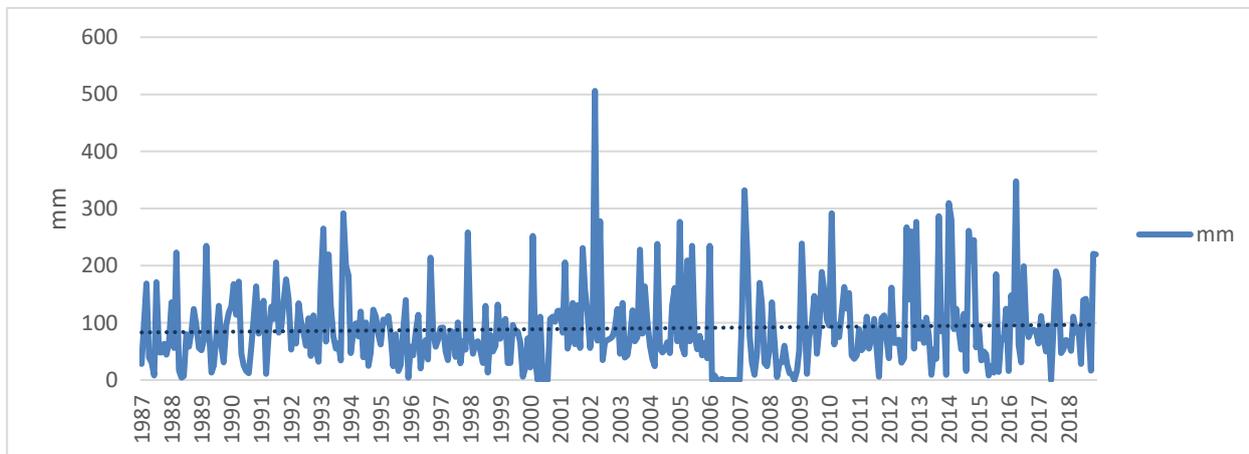
Figura 30 - Precipitação diária e eventos ao nível do rio San Jose durante o inverno.



Soma dos eventos diários de precipitação (linha azul sólida) maior que 20 mm na estação Juan Soler e no nível do rio San José (linha vermelha sólida) maior que 5 m, e suas respectivas linhas de tendência (linhas pontilhadas). Fonte: Elaboração própria.

Em comparação, a tendência das chuvas anuais não apresenta o mesmo comportamento das chuvas fortes de inverno, apenas uma tendência mínima de aumento das chuvas em geral (Figura 31).

Figura 31 - Precipitação Juan Soler



Fonte: Inumet, linhas de tendência (linhas pontilhadas), elaboração própria.

Os resultados da análise de correlação cruzada mostram que existe uma associação entre as chuvas registradas nas três estações meteorológicas e os níveis dos rios, que varia de acordo com os períodos avaliados. No período 1987-1996, a primeira correlação detectada ocorre no primeiro dia após as chuvas nas estações Juan Soler e 25 de Agosto, no entanto, a maior magnitude e importância ocorreu no terceiro dia. Por outro lado, a estação de Trinidad teve sua primeira correlação significativa no 2º dia e a mais alta no 4º dia (Tabela 10).

No período 1997-2006 observa-se uma diminuição do atraso. 25 de agosto apresentou uma correlação significativa no mesmo dia da precipitação, entretanto, sua magnitude foi mínima. Por outro lado, Juan Soler e Trinidad o fizeram no primeiro dia. Quanto à magnitude máxima, ela foi alcançada no 2º dia após a precipitação ter ocorrido nas três estações (Tabela 10).

No período 2007-2017, as três estações apresentaram a primeira correlação significativa no dia 0 e a maior magnitude no segundo dia. As maiores magnitudes e os menores valores de  $p$  foram detectados nesse período (Tabela 10).

Comparativamente, Juan Soler teve sua maior magnitude e menor  $p$  no 3º período. 25 de Agosto e Trinidad, embora tenham apresentado sua maior magnitude e menor  $p$  no 2º período, em média dos 5 dias de atraso avaliados, foram maiores no

3º período. Trinidad foi a estação que apresentou os maiores atrasos em suas correlações máximas nos três períodos, e uma vez que atingiu sua maior magnitude, foi a estação que a sustentou por mais tempo (Tabela 10).

Tabela 10 - Análise de correlação cruzada entre a série de precipitação e o nível do rio em San José nos três períodos de estudo.

Atraso (dias)	Juan Soler		25 de Agosto		Trinidad	
	Magnitude	p	Magnitude	p	Magnitude	p
	1987-1996					
0	-0,01	5E-01	-0,01	5E-01	-0,02	2E-01
1	0,05	4E-03	0,05	3E-03	0,00	9E-01
2	0,26	4E-51	0,24	6E-46	0,16	3E-20
3	0,42	5E-144	0,42	1E-138	0,39	1E-118
4	0,37	6E-106	0,37	1E-106	0,39	5E-121
	1997-2006					
0	0,04	3E-02	0,05	2E-03	0,03	5E-02
1	0,20	5E-32	0,28	6E-62	0,24	7E-46
2	0,37	7E-114	0,49	1E-205	0,51	2E-226
3	0,35	9E-100	0,43	5E-153	0,47	8E-189
4	0,21	6E-36	0,25	2E-47	0,26	5E-54
	2007-2017					
0	0,12	4E-12	0,12	3E-11	0,10	2E-08
1	0,32	2E-73	0,32	4E-74	0,27	5E-55
2	0,50	5E-195	0,50	3E-195	0,47	2E-171
3	0,46	2E-162	0,46	3E-157	0,46	4E-167
4	0,32	2E-77	0,32	8E-76	0,34	3E-85

Tempo de diferença dos níveis em relação à precipitação (lag), magnitude e significado (p) para as três estações meteorológicas. Primeiro resultado com  $p < 0.01$  (azul), maior magnitude e menor p (vermelho).

Fonte: Elaboração própria.

#### 6.4. ANÁLISE DAS POSSÍVEIS CAUSAS

Ao longo do curso do rio San José, na área urbana, há um aumento na cobertura vegetal, redução dos canais e assoreamento do leito. Os materiais são transportados de norte a sul, formando estruturas de acúmulo. Além do processo de obstrução do leito observado, há um possível aumento na deposição de materiais, como resultado da diminuição do tempo de resposta do rio após um evento de precipitação. A capacidade do fluxo para transportar sedimentos depende de vários fatores, por exemplo, a rugosidade e a inclinação longitudinal do canal, a velocidade do fluxo, o tamanho dos grãos dos sedimentos e sua falta de coesão (CHRISTOFOLETTI, 1980).

O desenvolvimento da cobertura vegetal sobre um acúmulo de sedimentos é o início do processo de edafização no qual são produzidas substâncias húmicas, que funcionam como agregados entre as partículas do solo (DUCHAUFOR, 1977). A vegetação cumpre várias funções, tais como a interceptação mecânica das chuvas, e em eventos de enchentes são obstáculos que causam turbulência no fluxo, produzindo acúmulos de materiais. A cobertura vegetal é produzida por espécies pioneiras de crescimento rápido, que geram as condições apropriadas para que as espécies de crescimento mais lento se enraízem nos bancos de areia, dando tempo para que os solos de arenosol e fluvisol se desenvolvam (DSF, MGAP, 1978).

A formação de solos e a presença de cobertura vegetal nas acumulações de sedimentos nas margens convexas leva a uma modificação do leito e da planície de inundação. Como resultado, podem ocorrer eventos de inundação em que a água ocupa áreas baixas, podendo ser áreas urbanas que não foram afetadas por eventos de inundação no passado. A presença de cobertura vegetal favorece o entupimento do leito do rio e, portanto, um aumento da altura do nível da água em tais eventos (GUTIÉRREZ ELORZA, 2008; LEOPOLD, 1973). Essa vegetação rupícula só se desenvolve junto ao canal porquê já há um acúmulo anterior de sedimentos e, conseqüentemente, porque a energia de transporte do rio é baixa. Esta perda de energia decorrente da presença já anterior de sedimentos está relacionada à intensificação agrícola e à perda de florestas à montante. Então, o aumento das inundações e consequência de um proceso da intensificação agrícola e a vegetação intensifica o problema.

Por outro lado, tais modificações na planície de inundação do leito maior diminuem a velocidade do fluxo. De acordo com o esquema de Hjulström (1935), isso levaria a uma diminuição da capacidade de erosão e a um aumento da sedimentação. Em termos gerais, o resultado é uma dinâmica na qual a velocidade do fluxo abranda e a sedimentação predomina, esses dois fatores juntos determinam modificações no leito do rio e em sua planície de inundação.

Nesse caso, ela está localizada nos arredores da cidade e avança em direção às áreas urbanas, juntamente com o crescimento da infraestrutura sobre as sub-bacias hidrográficas urbanas. O que favorece os processos de impermeabilização do solo e reduz as áreas que funcionam como planícies de inundação para riachos urbanos, aumentando o risco para a população que vive nas áreas baixas da cidade.

Foi verificado que a área cultivada na bacia hidrográfica aumentou significativamente na zona norte. Em 1987, a área utilizada para as culturas estava localizada apenas na região sul, enquanto no norte, predominavam as pastagens ligadas à pecuária extensiva.

Além disso, as florestas nativas desaparecem perto de cursos d'água e nascentes. O avanço da fronteira agrícola é acompanhado pela transformação no uso da terra e mudanças no manejo das culturas, em que se destaca a incorporação do plantio direto (GARCÍA ET AL., 2010). Essa técnica visa aumentar a produção por hectare, facilitando a monocultura através da aplicação de insumos tecnológicos (MGAP, 2009).

Entretanto, a monocultura gera impactos ambientais, tais como compactação do solo, processos de erosão e diminuição da infiltração em momentos de chuva (CHAMORRO; SARANDÓN, 2017; GAITÁN ET AL., 2017; REDES, 2011).

Em meados dos anos 1990, o plantio direto se espalhou por todo o país, intensificando seu uso a partir de 2002, em que pese o uso muito maior de agroquímicos, tem um impacto erosivo muito menor do que o cultivo convencional, porque a preparação da lavoura não inclui a virada completa do solo. Mais iniciou a intensificação e expansão agrícola em terras que antes não eram utilizadas para esse fim, como em solos maginiais, que são solos com maior risco de erosão e a

sedimentação aumenta, com base em uma nova demanda global por *commodities* agrícolas como a soja (GARCÍA ET AL., 2010).

Essa tendência também pode ser observada no departamento de San José, no qual a soja representou metade das plantações do departamento em 2010 (PERRACHÓN, 2011). Coincide com a realidade regional, como tem sido observado nos Pampas argentinos, que pastagens e pastos foram deslocados por culturas intensivas de cereais, principalmente soja, o que se estima ter agravado os processos erosivos nas últimas décadas (GAITÁN ET AL., 2017; GARCÍA ET AL., 2018). Teoricamente, a semeadura direta de culturas de verão deve ser seguida por culturas de inverno ou forrageiras que previnam a erosão e mantenham a infiltração do solo (PINTO; PIÑEIRO, 2018). Entretanto, nem sempre é esse o caso, na classificação do uso do solo na bacia hidrográfica do rio San José e nas excursões de campo, foram verificadas grandes áreas de solo descoberto.

No Bioma Pampa, constatou-se que as principais causas antrópicas da erosão têm sido a monocultura e a simplificação da rotação de culturas, a expansão da fronteira agrícola sobre áreas de floresta nativa, mudanças no uso da terra e sobrepastoreio (GAITÁN ET AL., 2017). Da mesma forma, as transformações no uso da terra, produto da intensificação agrícola, geraram importantes mudanças no ciclo hidrológico (GARCÍA ET AL., 2018). Nesse sentido, a perda de cobertura vegetal e a atividade biológica associada expõe o solo a processos erosivos, reduz a capacidade de infiltração e aumenta a compactação (VIGLIZZO ET AL., 2016).

Esses fenômenos em conjunto com os tipos de solo podem favorecer o aumento do volume e da velocidade do escoamento superficial (ALAOUI ET AL., 2018). Em particular, a bacia hidrográfica do rio San José experimentou uma intensificação agrícola na qual as culturas de raízes curtas foram predominantes. Esse processo tem se expandido em solos com alto conteúdo de argila – que carecem de cobertura vegetal e raízes profundas como forma de evitar a compactação – e, portanto, reduzem sua capacidade de infiltração. Além disso, quando não há cobertura vegetal associada, solos argilosos geram uma camada superficial impermeável (HAMZA; ANDERSON, 2005; VALLEJOS ET AL., 2014). Esses fenômenos, juntamente com a compactação do solo, característica da ausência de plantio,

determinam um aumento do volumen escoamento superficial e, portanto, reduzem a capacidade de regular a inundaçãõ.

Ademais, a variabilidade da precipitaçãõ e dos nívéis do rio San José foram avaliadas durante um período de 30 anos, considerando a precipitaçãõ acumulada sazonal e eventos diários superiores a 20 mm (R20). No período do estudo, há evidências de intensificaçãõ da precipitaçãõ, assim como o R20 durante o inverno nas três estações meteorológicas (Tabela 7, 8 e 9; Figura 30). Isso está de acordo com os resultados obtidos por Bidegain et al. (2017), que identificam um aumento da precipitaçãõ e R20 para toda a Bacia hidrográfica do Prata no período 1971-2015.

Entretanto, as tendências relatadas correspondem às estações primavera-verão. Além disso, Bidegain et al. (2012), relataram tendências crescentes para a precipitaçãõ no oeste do país. Castaño et al. (2007), também mostram um aumento da precipitaçãõ durante a estaçãõ quente, analisando o Bioma Pampa no Brasil, Argentina e Uruguai, comparando os períodos 1931-1960 com 1971-2000.

A tendência de aumento da precipitaçãõ identificada nesse trabalho coincide com as tendências gerais encontradas para a região, mas difere na sazonalidade dos eventos. Esses resultados podem ser considerados complementares ao que foi encontrado em outras investigações, uma vez que poderiam estar associados a efeitos de patch ou heterogeneidade espacial de días de precipitaçãõ muito forte e acumulados (FRICH ET AL., 2002).

A ocorrência de eventos de nível de rio acima de 5 e 7 metros também mostrou uma tendência incremental no inverno durante o período de estudo, mas sua magnitude foi menor do que a detectada no inverno para o R20. Portanto, a tendência dos nívéis dos rios não poderia ser explicada, apenas, pelo aumento da precipitaçãõ.

Nesse sentido, a análise de correlaçãõ cruzada realizada apresenta evidências que poderiam vincular o aumento de eventos de enchentes com mudançãs no uso do solo. Uma mudançã no comportamento hidrológico da bacia hidrográfica foi detectada no período 2006-2017, em que a resposta do nível do rio após as chuvas é mais imediata, apresentando uma maior magnitude de correlaçãõ do que durante os períodos 1987-1996 e 1997-2005.

Esse fenômeno poderia ser explicado pelo aumento do escoamento superficial, favorecido pela diminuição da capacidade de infiltração do solo devido ao uso agrícola intensivo (HOLMAN ET AL., 2003; VIGLIONE ET AL., 2016), consolidado na bacia hidrográfica do rio San José desde o início do período 2006-2017.

Em resumo, deve-se observar que o rio em nível urbano mostra um aumento na cobertura vegetal, uma redução nos canais e assoreamento do seu leito. Além disso, o aumento da infraestrutura nas sub-bacias hidrográficas urbanas leva ao preenchimento de áreas potencialmente propensas a inundações, o que favorece os processos de impermeabilização do solo e, por outro lado, determina a redução de áreas que funcionam como planícies de inundação para cursos de água urbanos.

Tanto o aumento da precipitação quanto o aumento do nível do fluxo ocorrem no inverno, que é a estação com a maior área de solo descoberto devido ao manejo da lavoura na bacia hidrográfica. Essa coincidência temporal é uma evidência de que o uso do solo explica, pelo menos em parte, a diferença entre a tendência de precipitação e os altos níveis de fluxo. Esta realidade coloca na vanguarda da discussão sobre a inundação a necessidade de evitar longos períodos de solo descoberto, especialmente no inverno. Além de monitorar e controlar a compactação de superfície e subsolo, diante de um cenário de mudança climática e intensificação agrícola que gera uma necessidade de adaptação, o que requer esforços unificados entre os atores envolvidos e, também, monitoramento ou controle pelas autoridades competentes.

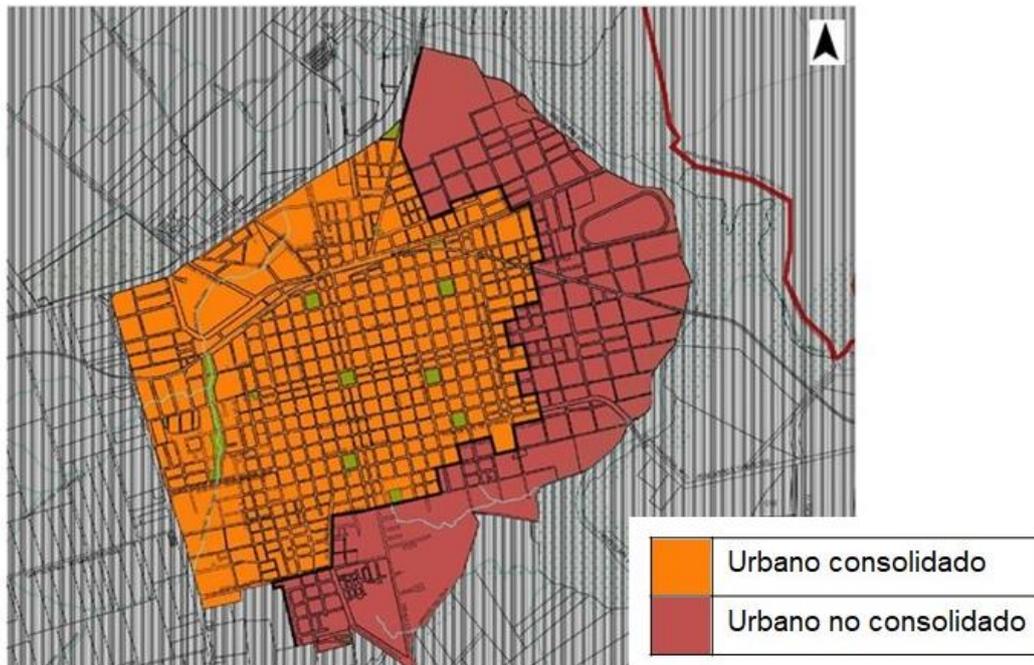
## 6.5. PLANO LOCAL DE PLANEJAMENTO TERRITORIAL E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Para entender melhor a situação e projeção do planejamento urbano na cidade de San José de Mayo, em relação a eventos de enchentes e zonas úmidas que se desenvolvem na cidade, é analisado o Plano Local de Planejamento de Uso do Solo e Desenvolvimento Sustentável da cidade. O plano de San José de Mayo foi aprovado em junho de 2019, seu principal objetivo é o planejamento de um desenvolvimento integrado e ambientalmente sustentável para alcançar um equilíbrio sócio-territorial, através de um planejamento de uso do solo, que promova a preservação do meio ambiente e a gestão dos recursos naturais. O plano considera dois temas a serem

destacados para o desenvolvimento: sistemas de interconexão rodoviária e, aspectos ambientais com ênfase no Rio San José e seus afluentes, bem como suas planícies de inundação em áreas urbanas (DEPARTAMENTAL JUNTA SAN JOSÉ, 2019).

No nível urbano o Plano apresenta a categoria urbana consolidada (representada pela cor laranja na figura 32), o que implica em áreas já altamente urbanizadas. E, além disso, a categoria urbana não consolidada (representada pela cor vermelha na figura 32), que é dividida em duas subcategorias. Por um lado, o uso residencial de baixa densidade que se pretende consolidar, estendendo-se para o sul da cidade. Por outro lado, nas áreas de influência do rio San José ao leste e ao nordeste da cidade, que são entendidas como áreas urbanas nas quais uma transformação em uso é necessária. Requer uma realocação da população, uma vez que se entende que as planícies de inundação não devem ser ocupadas por uso residencial. O manejo na área de influência do rio San José também envolve a conservação da mata ciliar, o manejo da exploração da areia e do solo, o corte de madeira e a proteção da paisagem rural natural como patrimônio natural (DEPARTAMENTAL JUNTA SAN JOSÉ, 2019).

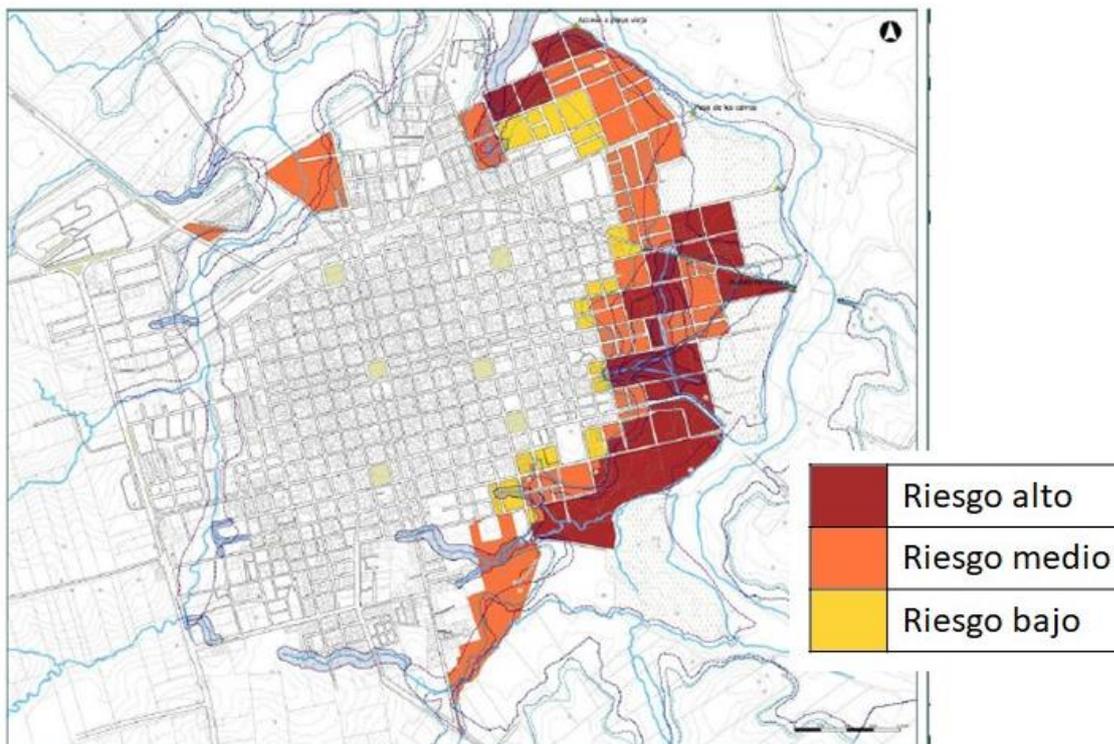
Figura 32 - Plano Urbano San José de Mayo



Fonte: Diretoria Departamental de San José, 2019, elaboração própria.

Diante das inundações ocorridas na cidade de San José de Mayo, são determinadas subzonas de diferentes níveis de risco que implicam na regulamentação do uso, o vermelho representa um risco alto, o laranja um risco médio e o amarelo um risco baixo (Figura 33). Em áreas com risco médio ou alto, as construções de uso residencial não são habilitadas ou regularizadas, na área de baixo risco foi habilitada a construção de moradias (IDSJ/MVOTMA, 2018).

Figura 33 - Mapa de risco de enchentes na cidade de San José de Mayo



Fonte: IDSJ/MVOTMA, 2018, elaboração própria.

As áreas em que a população habita as planícies em solos urbanos não consolidados está sob alto risco de enchentes. Após a retirada da população, é proposta a criação de um parque linear (faixa cinza na figura 34) para uso recreativo na área de alto risco e vulnerabilidade social, evitando, assim, a impermeabilização do solo e, através de manejo adequado promover a recuperação da floresta nativa.



Dessa forma, as áreas impermeáveis seriam reduzidas, já que as construções atuais seriam removidas e a vegetação seria reintroduzida, com ênfase nas plantas nativas, respeitando as planícies de inundação e criando um parque linear para reduzir o risco de eventos de inundação para a população.

Por outro lado, o enchimento é limitado à terra ao longo das margens do rio e de seus afluentes. Atualmente, pode-se ver que essa prática de encher terrenos com escombros para elevar seu nível em caso de inundações é praticada em várias partes da área urbana (Figura 35). Esse processo leva a um aumento da impermeabilização do solo, já que reduz a infiltração da chuva através do preenchimento, mas o efeito dessa prática como um todo não foi estudado em profundidade.

Figura 35 - Aterros na cidade de San José de Mayo



Fonte: Fotografia de 27.02.2020, elaboração própria.

A escala na qual o problema das inundações é tratado é reduzida à área urbana, concentrando-se nas áreas propensas a inundações. A medida proposta procura evitar áreas que sofreram inundações para uso residencial. O

desenvolvimento proposto no Plano não leva em conta a dinâmica que está ocorrendo em toda a bacia hidrográfica do rio San José.

Como mostram os resultados dessa pesquisa, é evidente que o aumento dos eventos de enchentes também está relacionado a mudanças no uso do solo na bacia hidrográfica superior do rio San José. Seguindo as tendências que estão sendo observadas no uso do solo, a situação pode piorar para a cidade de San José de Mayo. Se áreas que favorecem a infiltração, como campos naturais, continuam a diminuir no nível da bacia hidrográfica, as áreas úmidas e florestas ripárias desaparecem e a infiltração no solo diminui devido ao uso intensivo da agricultura, assim o risco de ser afetado por eventos de enchentes aumenta para a cidade de San José de Mayo.

Alterações futuras no nível da bacia hidrográfica podem mudar e/ou transbordar as atuais planícies inundáveis e afetar partes da cidade que não foram identificadas como áreas de risco ou, que estiveram em baixo risco em face de eventos de inundação. O Plano de Uso do Solo Urbano não leva em conta as causas das inundações, mas tenta se adaptar aos efeitos atuais na cidade de San José de Mayo.

## 6.6. CONSIDERAÇÕES

Na cidade de San José de Mayo, são observadas transformações no canal do rio que favorecem a estagnação da água em tempos de cheia. Além disso, no período 1987-2017, há uma significativa tendência ascendente nos eventos de inverno, em que o rio San José encontra seu canal de inundação completo e transborda em direção às áreas mais baixas da cidade. Essas tendências são evidentes para níveis acima de 5 metros, bem como para os de 7 metros, quando os residentes das áreas mais baixas da cidade devem ser evacuados. Embora haja um ligeiro aumento da precipitação durante esse período também no inverno, o aumento da precipitação é de menor magnitude do que o das enchentes do rio. O aumento da precipitação por si só não explica as variações no regime de cheias do rio.

Quando o comportamento do período é analisado em três subperíodos 1987-1996, 1997-2005 e 2006-2017, constata-se que existem diferenças. No primeiro período, as correlações entre a precipitação e os níveis dos rios ocorrem no primeiro dia e a correlação máxima no quarto dia. No segundo subperíodo, as correlações

ocorrem com uma diminuição do atraso, a primeira correlação significativa ocorre no mesmo dia de chuva e a correlação máxima ocorre no segundo dia. No terceiro período a situação anterior se repete, porém com maior magnitude nas correlações. Isso indica que a água das precipitações ocorridas na bacia hidrográfica – especialmente na bacia hidrográfica superior – apresenta uma tendência a chegar mais rapidamente à bacia hidrográfica inferior. Essa diminuição no tempo de resposta do sistema de bacia hidrográfica implica um aumento no número de eventos de transbordamento do rio e, especialmente, um aumento na magnitude do transbordamento (maior que 7 metros).

Essa série de mudanças no regime de transbordamento do canal principal do rio na bacia hidrográfica inferior não se explica apenas pela variabilidade das chuvas, e, por isso, analisamos as mudanças no uso do solo na bacia hidrográfica no período.

Verifica-se que nesse período há um aumento na intensificação do uso da terra, que segue a tendência nacional (GAZZANO ET AL., 2019), em que os usos mais intensivos do solo passam de ocupar 15,9% para 35,4%. Essas transformações na cobertura vegetal da bacia hidrográfica geram mudanças no seu regime hidrológico, especialmente a infiltração da relação – escoamento superficial da água de precipitação e, em menor grau, evapotranspiração – acúmulo de água no solo (ALAOUI ET AL., 2018; VIGLIZZO ET AL., 2016).

Foram encontrados vários fatores que influenciam o comportamento hidrológico do rio San José, mudanças no seu canal, precipitação e uso do solo. Isso gera um aumento do número e da magnitude dos transbordamentos de rios na bacia hidrográfica inferior, o que gera um fator de risco para a população da cidade de San José de Mayo residente nas planícies mais baixas, uma vez que devem evacuar suas casas com mais frequência.

A diminuição da capacidade de infiltração do solo e a redução das planícies de inundação poderiam levar a um aumento da velocidade de escoamento superficial. Portanto, seriam favorecidos eventos de inundação instantânea, novas zonas de inundação e o aumento do nível da água na bacia hidrográfica superior.

## 7. A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO YÍ E A CIDADE DE DURAZNO

A cidade de Durazno e a bacia hidrográfica do rio Yí formam o segundo estudo de caso, uma vez que, de acordo com o registro nacional de zonas úmidas, 47,7% da área urbana está em áreas baixas (DINAMA, 2016) e 27 eventos de enchentes foram registrados (SCHÖN ET AL., 2018).

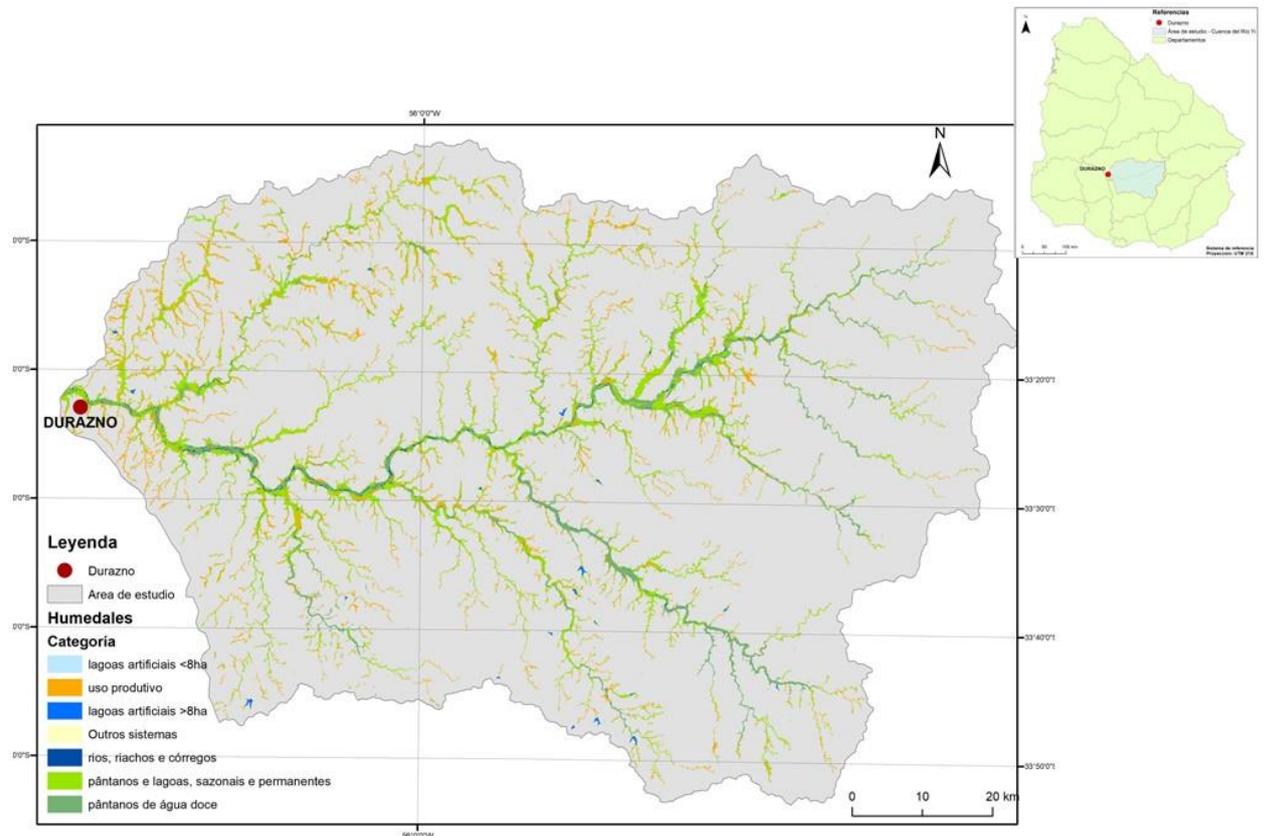
### 7.1. CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA

A bacia hidrográfica do rio Yi, que ocupa uma área de 13.580 km<sup>2</sup>, está localizada no subsetor da bacia hidrográfica do rio Negro, principalmente na bacia hidrográfica do meio inferior. Junto com o rio Tacuarembó, forma os principais tributários da bacia hidrográfica do rio Negro. A bacia hidrográfica do rio Yí é composta por mais de 50 sub-bacias hidrográficas. A área de estudo cobre uma grande parte da bacia hidrográfica, já que a cidade de Durazno está localizada na bacia hidrográfica média inferior, em que a área de estudo é limitada a 889.573 ha.

O rio Yi está localizado no centro do país em uma área de baixa inclinação, historicamente ocupada pelo uso pastoral. As paisagens da área são caracterizadas principalmente por colinas e cristas cristalinas, predominando colinas rochosas cristalinas com afloramentos ou coberturas sedimentares. Mas vários solos são desenvolvidos, nas cristas rochosas predominam os solos superficiais de fertilidade natural média, os Litossolos. Nos interflúvios achatados e nas encostas convexas existem Argisols, que apresentam um alto risco de erosão. Na paisagem montanhosa existem solos profundos de alta fertilidade, com permeabilidade lenta, drenagem moderada, Brunosols nas partes superiores e Vertisols nas encostas médias. Então, ao norte da bacia hidrográfica, de menor magnitude, encontramos as Colinas e sedimentares que não possuem afloramentos rochosos, onde Argisols e Brunosols de baixa a muito baixa fertilidade natural predominam nas encostas suaves. Enquanto nas encostas e interflúvios predominam os Brunosols e Vertisols de média a alta fertilidade natural. E, ainda, nas cabeceiras estão localizadas as Serras Cristalinas, predominando, nesse caso, os solos superficiais Litosóis e Inceptisol de média fertilidade, de permeabilidade rápida a moderada e boa drenagem (ACHKAR ET AL., 2016a).

De acordo com a tipologia Ramsar, cerca de 9% da área de estudo da bacia hidrográfica do rio Yí são áreas úmidas. Elas estão subdivididas em diferentes sistemas, dos quais os sistemas de pântanos são os mais representados na área, seguidos pelos sistemas artificiais em uso produtivo e, com menos presença, os sistemas fluviais florestados. Os sistemas das áreas úmidas apresentam inundações ou saturações recorrentes ou sustentadas, são representados na área de estudo por pântanos e lagoas, sazonais e permanentes, correspondendo a 45,6% das áreas úmidas da área. Há também sistemas artificiais que envolvem áreas úmidas modificadas para fins produtivos, como lagoas artificiais menores que 8 ha representadas por 0,3%, lagoas artificiais maiores que 8 ha representadas por 0,6%, áreas úmidas que foram transformadas para uso produtivo representadas por 30,6%. Além disso, os sistemas fluviais envolvendo os cursos dos rios, riachos e córregos, representam 1,3% e, pântanos de água doce representando 21,5% dos pântanos. Outros sistemas, que incluem zonas úmidas com características ecológicas únicas, incluem praias fluviais e lacustres, que representam 0,1% das zonas úmidas (Figura 36).

Figura 36 - Tipologia das zonas úmidas de Ramsar na área de estudo da bacia hidrográfica do rio Yi.



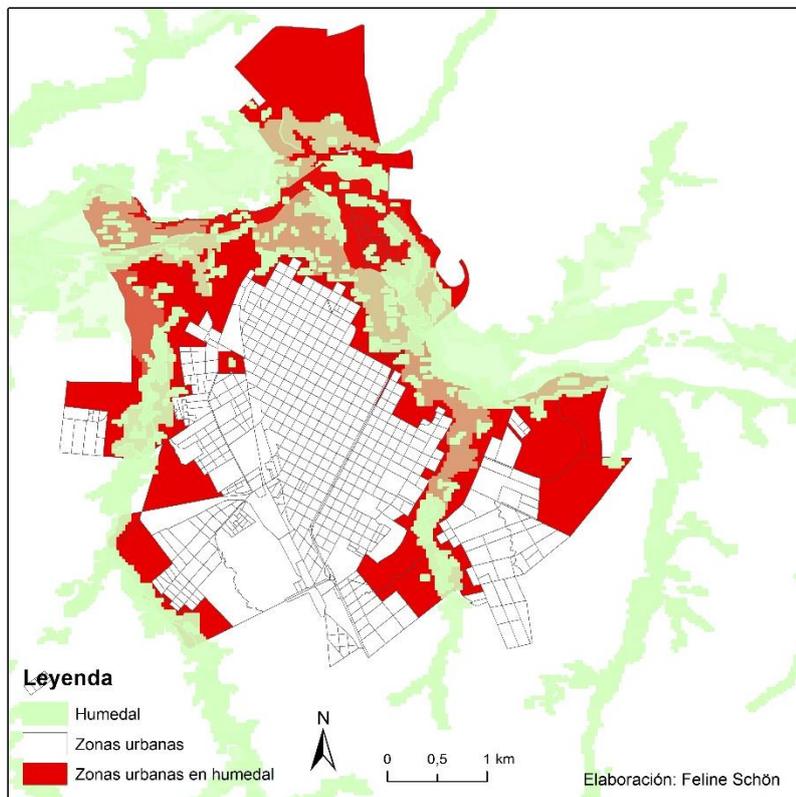
Fonte: LDSGAT- DINAMA 2016

Diversas atividades produtivas são realizadas na bacia hidrográfica, principalmente nas áreas de pecuária e agricultura seca. Da mesma forma, nos últimos anos, o número de agroindústrias tem aumentado, tais como estabelecimentos de engorda de gado e mega fazendas de laticínios, frigoríficos e infraestrutura relacionada à produção de cereais (silos), localizados em áreas urbanas e suburbanas. Existem também projetos de mineração em diferentes estágios de desenvolvimento, principalmente na fase de prospecção associada à extração de ferro e ouro.

Existem 17 localidades na área de estudo da Bacia hidrográfica: Durazno, Sarandí del Yí, Carmen, Santa Bernardina, Pueblo de Álvarez, Ombúes de Oribe, Rossell y Rius, Nico Pérez, Goñi, Valentines, Pueblo Ferrer, Montecoral, Polanco del

Yí, Cerro Chato, Capilla del Sauce, Caserío la Fundación e Estación Capilla del Sauce. A maior cidade da bacia hidrográfica é a cidade de Durazno, com 34.372 habitantes (INE 2011), dos quais 2.558 estão localizados em áreas propensas a enchentes, ou seja, nas áreas do censo localizadas nos territórios das zonas úmidas (Figura 37). Durazno está localizada no centro da bacia hidrográfica e é uma das cidades que mais sofre com as inundações no país (SILVEIRA ET AL. 2015).

Figura 37 - As áreas urbanas da cidade de Durazno e das zonas úmidas do rio Yí

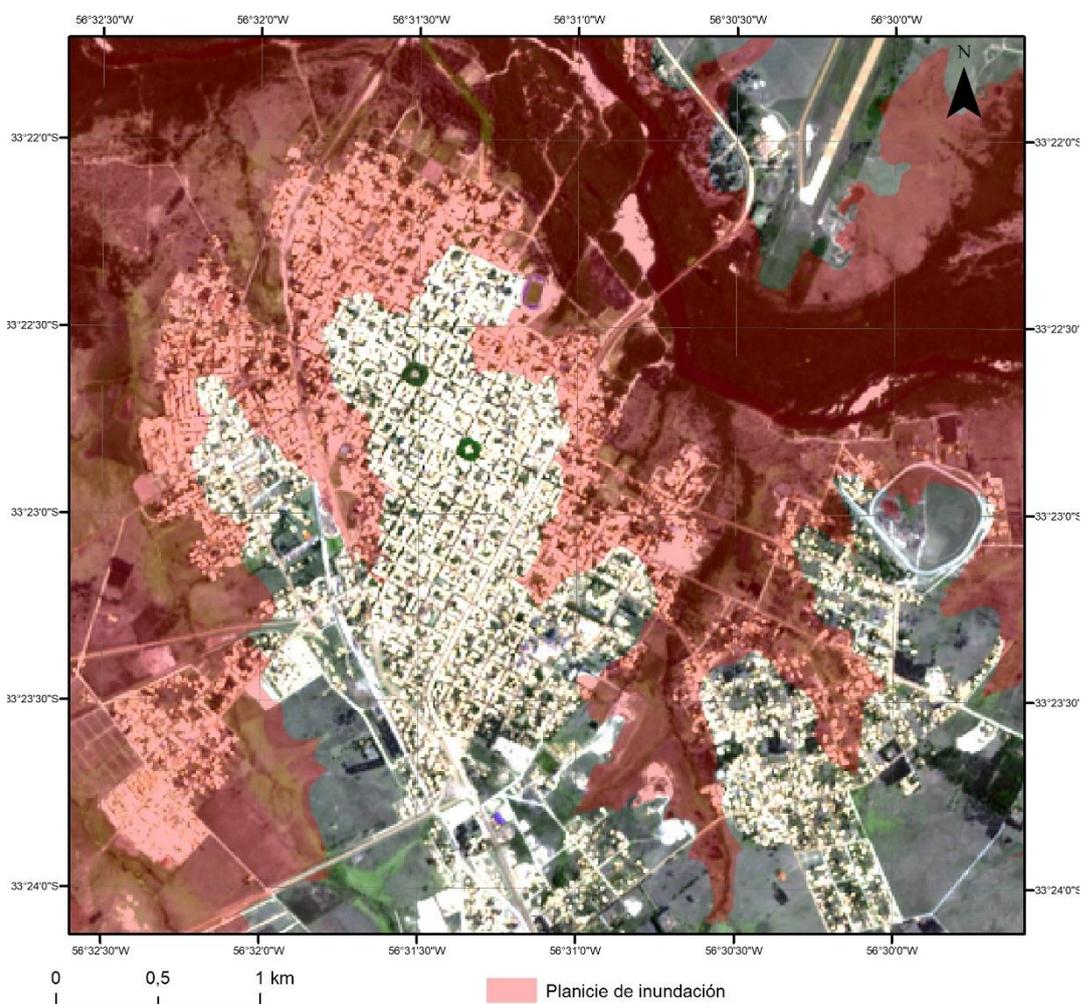


Fonte: INE 2011, DINAMA-LDSGAT 2016, elaboração própria.

Diante dessa realidade, foi gerado um sistema de alerta precoce para melhorar a situação e agir rapidamente diante dos eventos de enchentes na cidade. O modelo é baseado em múltiplas variáveis que permitem gerar um diagnóstico do aumento do fluxo de água com antecedência, o que nos permite reagir e evacuar antes do evento da inundação. As áreas norte, leste e oeste da cidade de Durazno estão localizadas

na planície de inundação do rio Yi, como pode ser visto (Figura 38), grandes áreas identificadas com risco de inundação, refletindo também as áreas úmidas (Figura 37). Envolve áreas habitadas nas quais a população é vulnerável a eventos de enchentes. O Plano Local da cidade prevê o desenvolvimento urbano fora das áreas baixas, incluindo incentivos econômicos para a desocupação dessas áreas de risco.

Figura 38 - Áreas de risco na cidade de Durazno



Fonte: baseado no IDEuy MDT em uma imagem de satélite Sentinel 2 de 20.01.2021.

## 7.2. METODOLOGIA

A estratégia metodológica foi baseada em analisar a bacia hidrográfica do rio Yí a partir de sua hidrologia e, identificar os fatores que favorecem os eventos de inundação na cidade de Durazno. Para esse fim, as modificações na parte urbana do rio e no uso da terra na bacia hidrográfica foram avaliadas através de um SIG, e verificadas no campo. Também foi avaliada a variabilidade das chuvas e dos níveis do rio Yí para o período 1987-2018, um período de mais de 30 anos que permite a avaliação das tendências climáticas (ORGANIZAÇÃO METEOROLÓGICA MUNDIAL, 2011).

Para a análise das mudanças na parte urbana trabalhamos com fotografias aéreas do vôo de 1966, as primeiras imagens disponíveis para todo o país, em comparação com as fotografias aéreas de 2018, o vôo mais atual em escala nacional que foram publicadas pela Infraestrutura de IDE. Além disso, foi feito um campo ao longo do rio Yí, onde está localizada a planta urbana de Durazno, em 26.09.2020.

O ciclo hidrológico é substancialmente modificado pela intensificação produtiva, por essa razão está diretamente ligado aos impactos negativos na capacidade de regulação do solo contra possíveis eventos de inundação (BENAVIDES ET AL., 2018; HAGHNAZARI ET AL., 2015; ROLLÁN; BACHMEIER, 2014). Para detectar as principais transformações do uso do solo na bacia hidrográfica do rio Yí no período de estudo, trabalhamos com imagens de satélite de 1987 e 2019. Para este fim, uma imagem TM/Landsat-5 de 09.11.1987 e, uma imagem TM/Landsat-8 de 21.09.2019 foram baixadas do site <https://www.usgs.gov/>, ambos com uma resolução espacial de 30x30 metros, mantendo a mesma escala no momento da análise.

As classificações supervisionadas foram realizadas utilizando o método das distâncias mínimas, esse método calcula a distância euclidiana entre a reflectância dos pixels da imagem e os pixels de treinamento, aos quais é atribuída uma classe de identidade conhecida. Então, cada pixel de imagem é atribuído à classe com as reflexões mais próximas de sua própria (CONGEDO, 2016; RICHARDS; JIA, 2006).

Seis classes de uso do solo foram consideradas em 1987 e 2019. Divididas entre as *cultivos*, incluídas parcelas de pastagens plantadas para fins de forragem, como substituem completamente a cobertura vegetal e apresentam uma assinatura

espectral semelhante às cultivos, foram também incluídas áreas de solo descoberto, pois essas superfícies estão associadas a unidades agrícolas. O *Campo Natural* representa a classe mais genérica, uma vez que é composto por pastagens de produtividade diferente. Então, foi gerada a classe *zonas úmidas*, que representa áreas baixas que não são cobertas por árvores e são diferenciadas por suas áreas úmidas para o campo natural. O *monte*, que é representada principalmente por florestas ribeirinhas, e a categoria de *florestamento*, em que se combinam monte de abrigo<sup>2</sup> e grandes áreas florestadas da indústria florestal. Finalmente, a classe *Infraestrutura* incluiu áreas industriais, residenciais e rodoviárias.

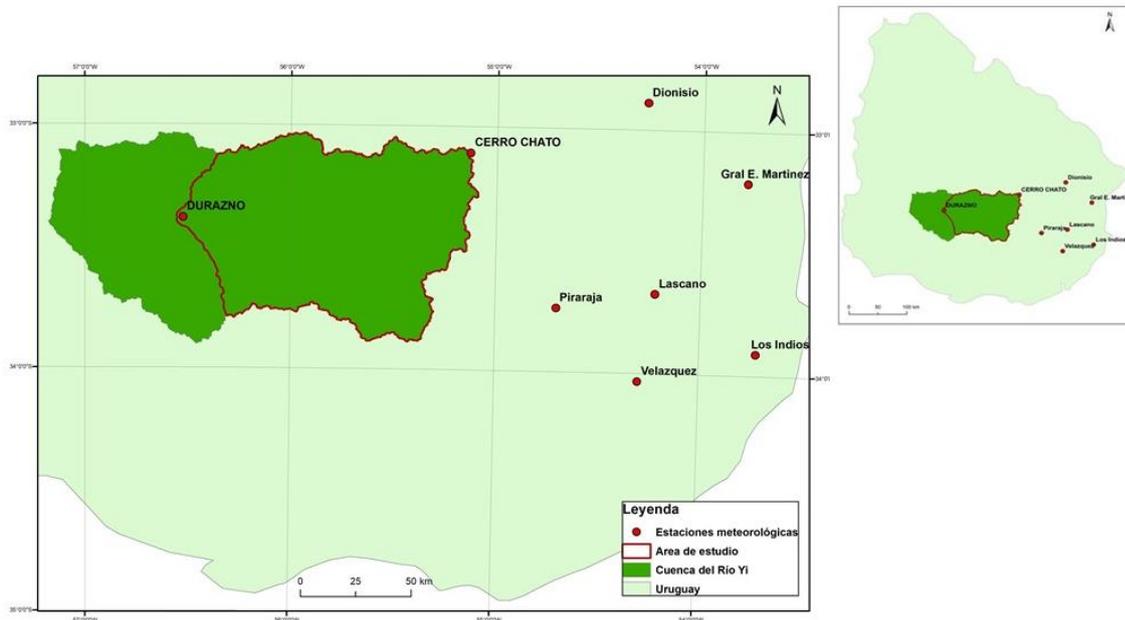
A classificação do uso do solo de 2019 foi validada pela determinação do nível de precisão. Uma campanha de campo foi realizada no inverno de 2020, que consistiu em uma excursão com 207 pontos de controle considerados. Uma matriz de confusão foi feita com base na campanha de campo, produzindo uma taxa de acerto de 88%, os maiores erros foram associados à confusão entre florestamento e cultivo, que pode estar relacionada ao florestamento recente, que ainda não se distingue dos solos cultivados e da agricultura. Essa validação também permitiu conhecer a resposta espectral dos principais usos do solo, para orientar a classificação de 1987.

Para analisar a variabilidade da precipitação na bacia hidrográfica, trabalhamos com a série histórica de precipitações mensais acumuladas das estações meteorológicas da cidade de Durazno (1987-2018) e Cerro Chato (1980-2018) (Figura 39). Os registros dessas estações foram utilizados porque estão localizadas de um lado na bacia hidrográfica superior, além da cidade afetada por eventos de enchentes, tendo registros durante todo o período de trabalho, as informações foram fornecidas pelo INUMET. Além disso, os resultados das duas estações estão interrelacionados, a fim de compreender o comportamento da precipitação na bacia hidrográfica.

---

<sup>2</sup> Plantação florestal de pequenas manchas, principalmente de eucalipto que serve de quebra-vento para a pecuária, não para exploração.

Figura 39 - Estações meteorológicas



Fonte: Elaboração própria

Também analisamos as tendências gerais e sazonais dos registros mensais acumulados de precipitação para as localidades de Dionísio, Gral. E. Martínez, Lascano, Piraraja, Los Indios e Velázquez entre 1980 e 2006, devido a sua proximidade com a bacia hidrográfica estudada (Figura 39). Dados acessíveis por um período de mais de 30 anos que permitam avaliar as tendências climáticas na área da bacia hidrográfica são escassos, mas esses registros permitem a possibilidade de uma abordagem às tendências gerais.

Correspondendo à estação meteorológica de Durazno também foi possível analisar a precipitação diária acumulada durante o período 1987-2018. A análise explorou possíveis tendências sazonais na soma de eventos de dias de precipitação muito forte. Isso foi determinado a partir do índice R20 (HAYLOCK ET AL., 2006; ZHANG ET AL. 2011), que considera dias de precipitação muito forte aqueles casos em que a precipitação diária acumulada excede 20 mm, recentemente utilizado para a Bacia hidrográfica do Prata por Bidegain et al. (2017).

No contexto da atual mudança climática, poderia haver tendências crescentes tanto na precipitação acumulada quanto em dias de precipitação muito forte, com diferenças sazonais (BIDEGAIN ET AL., 2017). O teste Mann-Kendall (MANN, 1945; KENDALL, 1975) foi aplicado para avaliar as tendências na série gerada para a precipitação mensal acumulada e a soma sazonal de R20. Este é um teste não paramétrico que avalia comportamentos monotônicos de séries de dados e tem sido amplamente utilizado para avaliar tendências em séries temporais hidrometeorológicas (ALVARIÑO ET AL., 2018; CAORSI ET AL., 2018; HIRSCH; SLACK, 1984; SARRICOLEA ET AL., 2017).

Para a análise da variabilidade dos níveis do rio Yí, trabalhamos com uma série histórica de níveis diários correspondentes ao período 1987-2017, medidos na ponte antiga (1987-2008) e na nova ponte na Rota 5 (2008-2017), fornecida pelo DINAGUA. O objetivo da análise era avaliar o possível aumento da frequência dos eventos de cheia do rio Yi, em termos gerais e sazonais. Dois níveis foram considerados como eventos: o nível de inundação a 7,5 m, com risco moderado para a população, e o nível de alerta de transbordamento do canal a 8,5 m, historicamente um nível de alto risco para a população.

Com base na determinação desses níveis, foram geradas duas séries categóricas dicotômicas (evento/não evento), uma considerando eventos diários superiores a 7,5 m e a outra superior a 8,5 m. Estas séries possibilitaram a obtenção das somas dos eventos diários. Essas séries permitiram obter as somas dos eventos mensais (utilizados para a avaliação geral) e sazonais. O teste Mann-Kendall foi usado para explorar a presença de tendências.

### 7.3. CARACTERIZAÇÃO DAS INUNDAÇÕES

São apresentados os resultados obtidos com as mudanças detectadas na parte urbana do rio Yi entre 1966 e 2018, o uso do solo da bacia hidrográfica entre 1987 e 2019, as tendências de precipitação na cidade de Durazno (1987-2018), nas cabeceiras do Cerro Chato (1980-2018) e, os níveis do rio Yi na cidade de Durazno (1987-2017).

Com base no campo ao longo do rio Yi e nas imagens de satélite, foram identificadas importantes mudanças na paisagem do rio devido ao acúmulo e

desaparecimento de sedimentos, ao avanço da vegetação e às áreas desmatadas. Os materiais se deslocam do leste para o oeste da cidade, passando por duas represas em locais diferentes próximos à cidade. Com o tempo, dependendo dos fluxos de inundação, os materiais não coesivos se deslocam para jusante, dando origem a novas áreas de acúmulo, formando fundos rasos e ilhotas.

No canal existem áreas nas quais a velocidade diminui, dando origem a processos de acúmulo de sedimentos. Com o tempo, se existem condições para a instalação de vegetação, são geradas condições que favorecem a formação de solos. Esse processo edáfico favorece a coesão entre sedimentos, o que reduz o transporte de sedimentos, facilitando os processos de entupimento do leito, como pode ser visto nas imagens da figura 40. Em 1966, ilhotas de areia estão se formando no meio do canal, assim a vegetação se desenvolveu e o entupimento aumentou, como pode ser visto na imagem de 2018, o que reduz a mobilidade do fluxo, em períodos de enchentes (Figura 40).

Figura 40 - Acumulação de sedimentos no rio Yí



Fonte: Esquerda: Fotografia aérea do voo 1966. Certo: Imagem do IDEuy do voo de 2018.

Também, à jusante, em áreas do canal em que a velocidade diminui, esses processos podem ser observados em outro momento. O rio depositou um extenso banco de areia ao norte da cidade, na margem esquerda, por processos de transporte de sedimentos de areias finas, grosseiras e rochas. Além disso, pode-se observar uma

vegetação abandonada e intermitente, além de canais com água estagnada (Figura 41).

Figura 41 - Banco de areia grande, com canal intermitente e com vegetação.



Fonte: Fotografia de 31.10.20, elaboração própria.

O acúmulo de sedimentos gerou uma área que em algum momento formou uma ilha, mas que atualmente foi transformada na margem do rio Yi (Figura 41, 42), o que produziu uma diminuição no canal, gerando importante área de deposição de sedimentos. A área está na fase inicial do processo de cobertura com vegetação na margem do rio e iniciou a geração de solos que dificultam a mobilização do material.

Figura 42 - Formação de praias e desaparecimento de canais secundários



Fonte: Esquerda: Vão de fotografia aérea 1966. Certo: Imagem do IDEuy do vôo de 2018.

Além disso, uma comparação das imagens mostra que os canais secundários do rio desapareceram em direção à margem direita, local em que os processos de sedimentação estão mais avançados, a vegetação foi instalada, formando solos e fechando os canais secundários (Figura 42).

Também, perto das pontes, antigas e ferroviárias (Figura 43), observa-se que o rio transporta sedimentos, em 1966 havia acúmulos de sedimentos nas margens convexas, em 2018 eles não podem ser identificados. Mas também se observa nessa área a exploração de areia, encontrada na margem do rio em grandes quantidades. Ela mostra uma diminuição na faixa de mata ciliar ao norte do rio e um aumento na vegetação do leito do rio ao sul (Figura 43).

Figura 43 - Deslocamento de sedimentos



Fonte: Parte superior: Fotografia aérea vôo 1966, parte inferior: Imagem IDEuy do vôo 2018.

Na área direta ao redor da Ponte Velha (Figura 43), tanto a montante como a jusante, os sedimentos se acumularam e produziram a formação de ilhas com vegetação (Figura 44).

Figura 44 - Ilhas com vegetação no rio Yí



Fonte: Fotografia de 01.11.20, elaboração própria.

Esse processo pode ser observado em diferentes momentos de progresso, pois continuando ao longo do curso do rio, observou-se que a área passou por processos de assoreamento com sedimentos de areia grossa e rochas. Essa é uma área na qual o canal é raso, e sob condições normais de fluxo estão sendo depositados sedimentos que iniciam a geração de bancos de areia/ilhas, que provavelmente apresentarão processos edáficos (Figura 45).

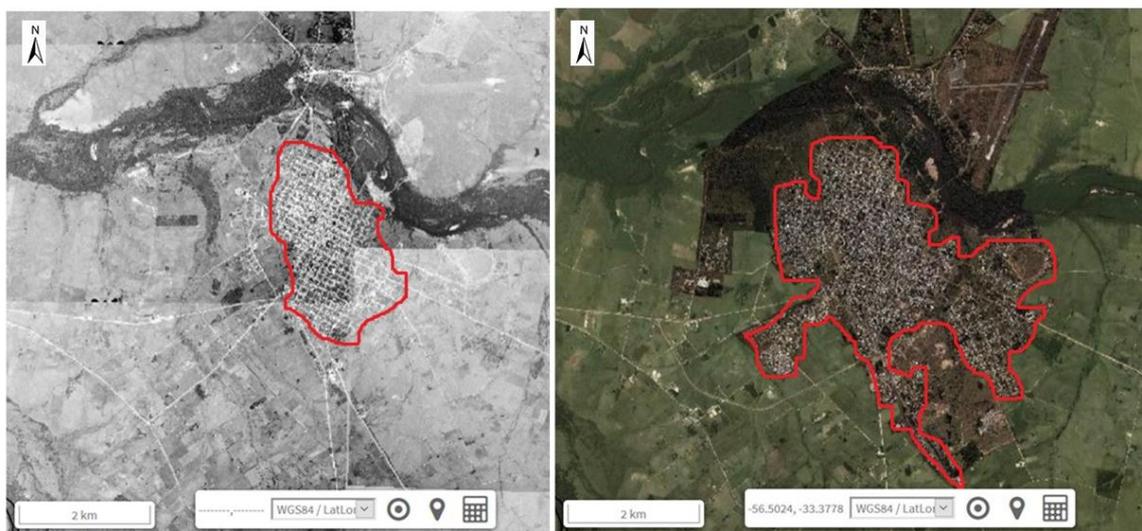
Figura 45 - Acumulação de sedimentos em áreas baixas do rio



Fonte: Fotografia de 01.11.20, elaboração própria.

Se compararmos o desenvolvimento da cidade de Durazno entre 1966 e 2018, observamos uma densificação da cidade consolidada, bem como processos de urbanização para o sudeste e oeste da cidade, também para a margem noroeste há um aumento da urbanização, mas de menor tamanho (Figura 46). Em 1963, a cidade de Durazno tinha 22.203 habitantes, enquanto o último censo (2011) contava com 34.372 habitantes (INE, 2011).

Figura 46 - Comparação do plano urbano da cidade de Durazno entre 1966 e 2018.



Fonte: Esquerda: Fotografia aérea do vôo 1966; à direita: imagem do IDEuy do vôo 2018.

Na escala da bacia hidrográfica, os resultados das classificações de uso do solo, das imagens de satélite de 1987 e 2019, sugerem que houve importantes transformações, principalmente associadas à expansão das monoculturas de cereais e ao aumento das áreas dedicadas à indústria florestal, essas tendências implicam na diminuição do campo natural (Tabela 11).

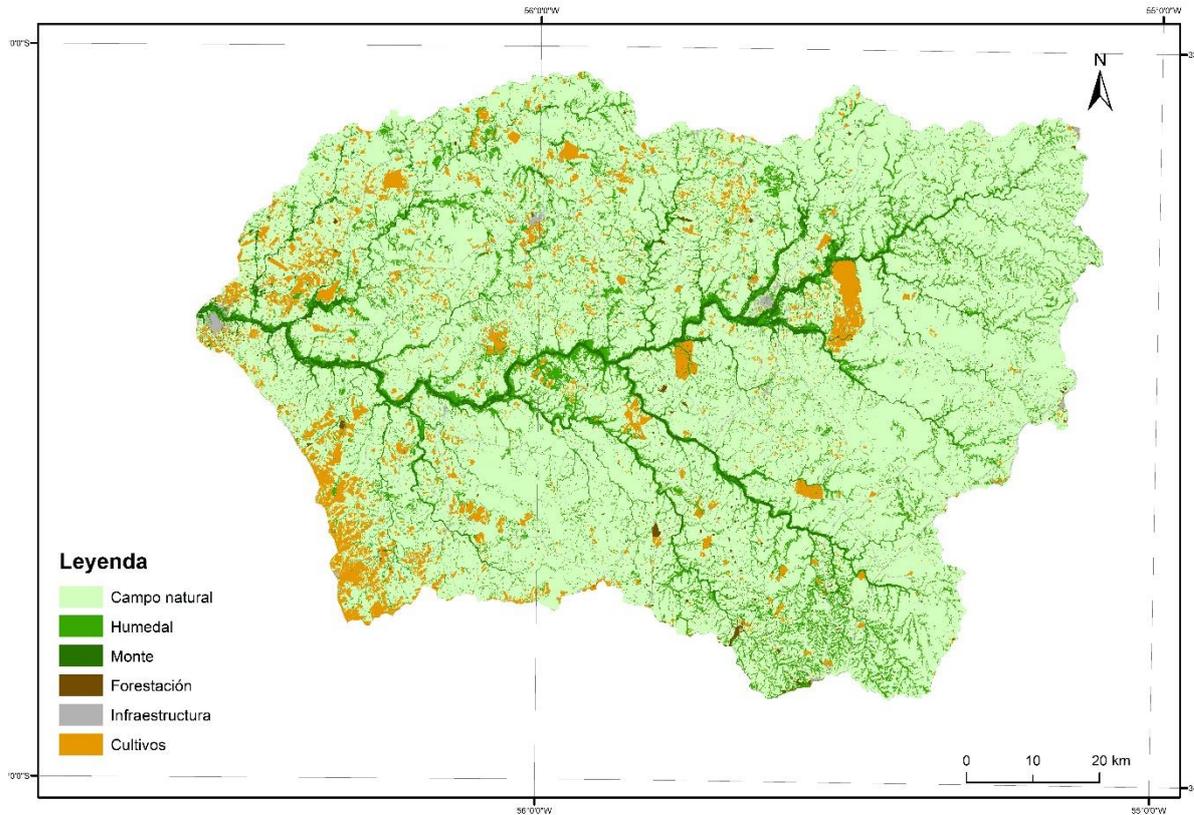
Tabela 11 - Uso do solo na Bacia Hidrográfica do Yí, comparando 1987 e 2019

<b>Usos</b>	<b>1987 (%)</b>	<b>2019 (%)</b>
Campo natural	77,7	60,7
Zonas úmidas	11,3	8,8
Monte	3	3,6
Florestamento	0,4	8,3
Infraestrutura urbana	1,3	1,3
Cultivos	6,3	17,3

Fonte: Elaboração própria

Na bacia hidrográfica do rio Yí, a maior parte da área de estudo foi identificada como zona rural natural em 1987 (77,7%), seguida por zonas úmidas (11,3%) e áreas cultivadas (6,3%). A floresta nativa é, em sua maioria, floresta ribeirinha, ocupando apenas 3% da área. A infraestrutura está representada com 1,3% e o florestamento com 0,4%, a maioria das monte de abrigo nesse momento, apenas pequenos fragmentos de florestamento são encontrados na área de estudo, a maioria dos quais são monte de abrigo (Figura 47; Tabela 11).

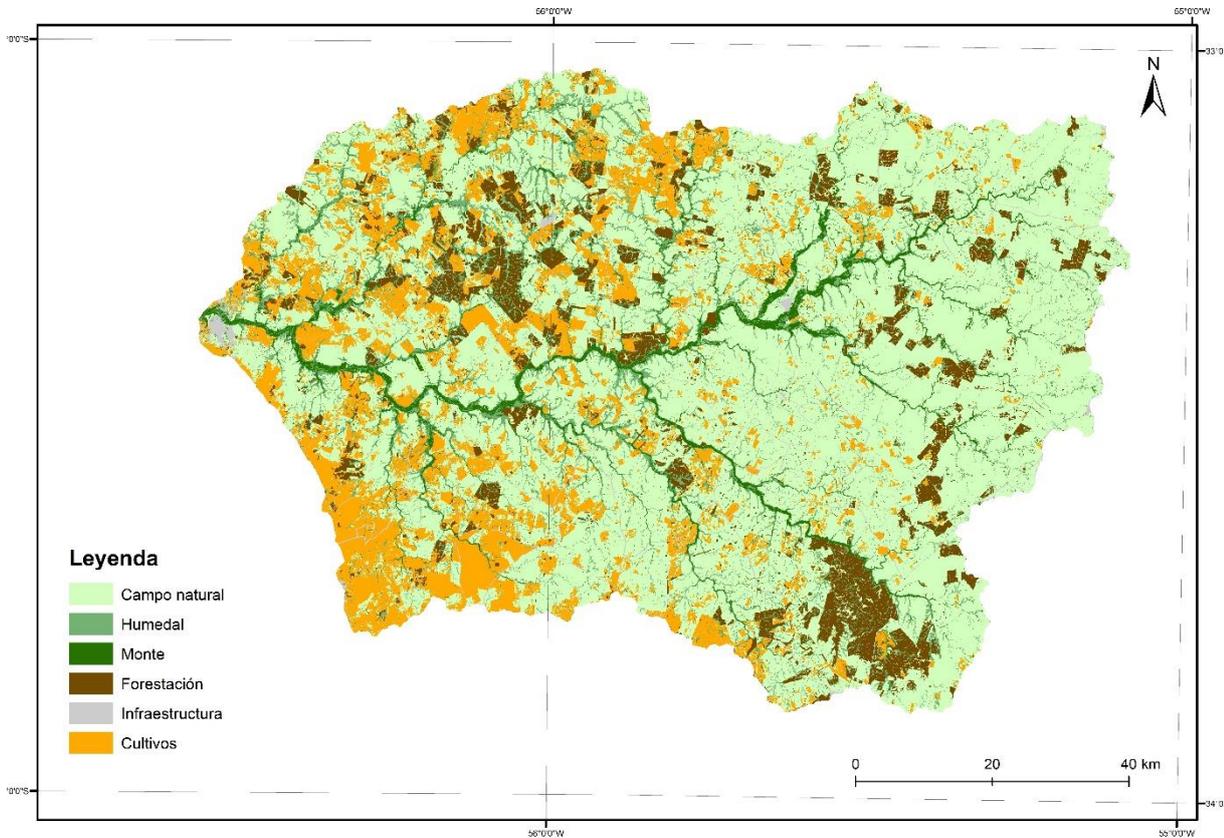
Figura 47 - Uso do solo na área de estudo no ano de 1987



Fonte: TM/Landsat-5 imagem de 09.11.1987, elaboração própria.

Em 2019, o campo natural da bacia hidrográfica diminuiu para 60,7%, também as zonas úmidas diminuíram para 8,8%. A floresta nativa praticamente mantém sua superfície com 3,6%. A infraestrutura permanece a mesma, em 1,3% e, a área dedicada ao florestamento aumenta, significativamente, para 8,3% devido à presença da indústria florestal. Durante o campo pela bacia hidrográfica, foi confirmada uma tendência crescente nas plantações florestais, uma vez que foram encontradas plantações recentes que não foram detectadas nas imagens de satélite. A categoria de cultura, que atualmente ocupa 17,3% da bacia hidrográfica, também reflete um aumento significativo, pois quase triplicou durante o período analisado (Figura 48; Tabela 11).

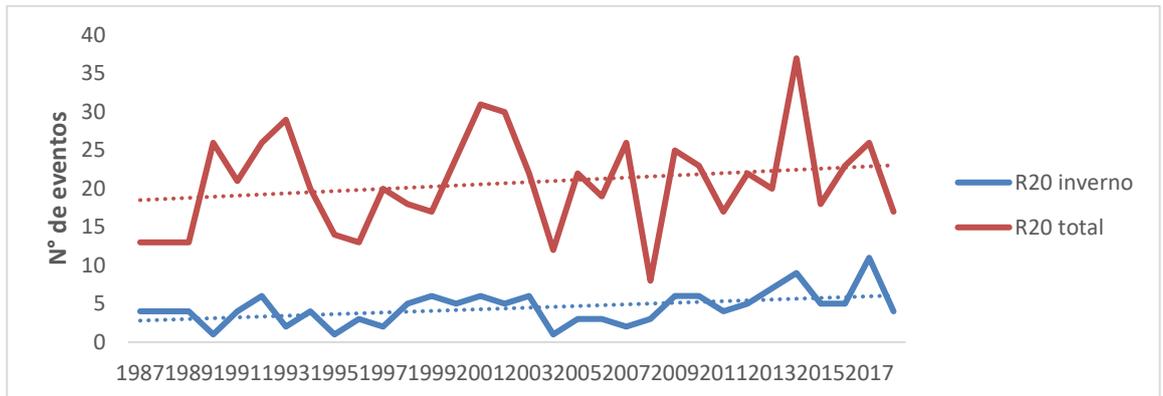
Figura 48 - Uso do solo na área de estudo no ano de 2019



Fonte: TM/Landsat-8 imagem de 21.09.2019, elaboração própria.

Na cidade de Durazno, a análise da série de precipitação mostra um resultado estatisticamente significativo da tendência crescente no inverno entre 1987 e 2018. Assim como na série de chuvas diárias superiores a 20 mm (R20), há uma tendência crescente durante o inverno (Figura 49). Na área da cabeceira do rio, representada pela série de precipitação Cerro Chato, não é encontrada nenhuma tendência crescente de precipitação, utilizando o teste Mann-Kendall. Nas cabeceiras da bacia hidrográfica do Yi, o R20 não pôde ser avaliado, já que apenas a série mensal de precipitação acumulada para o período analisado estava disponível.

Figura 49- Precipitação diária R20 no inverno e geral na cidade de Durazno

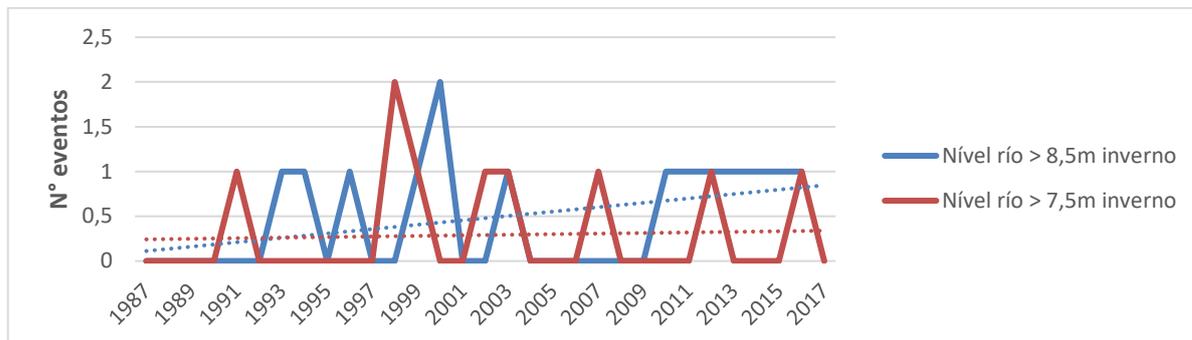


Soma dos eventos diários de precipitação em inverno (linha azul sólida) maior que 20 mm na estação do Durazno e durante o ano todo (linha vermelha sólida), e suas respectivas linhas de tendência (linhas pontilhadas). Fonte: Elaboração própria.

Analisando os registros mensais acumulados de precipitação das estações próximas à bacia hidrográfica, as localidades Dionisio, Gral. E. Martínez, Lascano e Piraraja, não se pode observar nenhuma tendência entre 1980 e 2006. Em Los Indios há uma tendência significativa de aumento da precipitação no outono entre 1980 e 2006 e, em Velázquez há uma tendência de diminuição da precipitação na primavera no mesmo período de tempo.

Um aumento no nível do rio na cidade de Durazno é mostrado na série 1987-2018. Com foco nos dias de risco moderado de inundação urbana (7,5m) e alto risco (8,5m), verifica-se uma tendência de aumento geral com o teste Mann Kendall, no outono-inverno é mostrada uma tendência estatística significativa, que não é apresentada na primavera-verão (Figura 50). Analisando apenas os dias em que o rio apresenta um alto risco para a sociedade duraznense, o teste Mann Kendall mostra a mesma tendência de aumento do nível do leito do rio.

Figura 50 - Eventos de risco de inundação para a cidade de Durazno no inverno



Soma do eventos de risco de inundação do rio Yí, nível do rio > 8,5m (linha azul sólida) e no nível do rio > 7,5m (linha vermelha sólida) em inverno e suas respectivas linhas de tendência (linhas pontilhadas). Fonte: Elaboração própria.

Levando em conta a maior cota do rio em dias consecutivos, pode-se observar que os dias em que o rio atinge um risco moderado, sem aumentar nos dias seguintes para gerar um risco elevado, mostram a mesma tendência que quando o rio produz um risco elevado para a população de Durazno. Eles mostram entre 1987 e 1997, 8 eventos, entre 1998 e 2007, 12 eventos e entre 2008 e 2017, 5 eventos de níveis moderados de risco. Os eventos de alto risco mostram um comportamento semelhante, entre 1987 e 1997 são registrados 5 eventos, entre 1998 e 2007 são registrados 16 eventos e entre 2008 e 2017 eles diminuem para 11 eventos (Tabela 12).

Tabela 12 - Risco de eventos de inundação na cidade de Durazno

Período	Risco moderado	Alto risco
1987-1997	8	5
1998-2007	12	16
2008-2017	5	11

Fonte: DINAGUA, elaboração própria.

Em geral, os dados registrados pelo DINAGUA coincidem com os dados do SINAIE, já que ambos registram 32 eventos de inundação em Durazno entre 1987 e 2017/2018. Analisando a sazonalidade dos eventos de alto fluxo, os eventos de

inundação relatados no período não mostram sazonalidade, cinco eventos de alto fluxo na primavera, dois no verão, onze no outono e quatorze no inverno. A evacuação e auto-evacuação máxima na cidade de Durazno atingiu um total de 6500 pessoas em 2007, de acordo com o SINAIE.

#### 7.4. ANÁLISE DAS POSSÍVEIS CAUSAS

Essa parte discute os resultados obtidos, a importância das mudanças no uso do solo na bacia hidrográfica, a análise conjunta da variabilidade das chuvas nas estações meteorológicas e as tendências nos níveis do rio Yí.

Claramente, as condições ambientais não foram levadas em consideração no desenvolvimento da cidade, já que grande parte da cidade é construída em áreas baixas, como demonstrado por Schön et al. (2018), identificando 47,7% da localidade em áreas úmidas. Embora não seja um critério excludente a localização nas zonas úmidas, é um forte critério de vulnerabilidade a eventos de inundação, já que essa zona úmida na planta urbana é definido, principalmente, por áreas baixas que compõem as planícies alagadas. Como resultado, a zona úmida, que contribui para a regulação do sistema hidrológico, é afetada pela urbanização direta, fazendo parte das causas dos eventos de enchentes na cidade.

Ao longo do curso do rio Yí na área urbana, várias mudanças foram observadas no período analisado. O aumento da cobertura vegetal, a redução dos canais devido ao acúmulo de sedimentos, que afeta a capacidade do fluxo de transportar sedimentos, já que depende de vários fatores como a rugosidade e inclinação longitudinal do canal, a velocidade do fluxo, o tamanho do grão dos sedimentos e sua falta de coesão (CHRISTOFOLETTI, 1980).

A cobertura vegetal se desenvolve sobre acúmulos de sedimentos que iniciam o processo de edafização, produzindo substâncias húmicas, que funcionam como agregados entre as partículas do solo (DUCHAUFOR, 1977). A vegetação cumpre várias funções, como a interceptação mecânica das chuvas, mas em eventos de enchentes são obstáculos que causam turbulência no fluxo, produzindo acúmulos de materiais, assim a vegetação pode avançar, dando tempo para a geração de arenosol e fluvisol dos solos (DSF, MGAP, 1978).

A fim de melhor compreender o comportamento da bacia hidrográfica, foi analisada a mudança no uso do solo, uma vez que pode modificar o ciclo hidrológico. Dos resultados do período analisado, destaca-se o aumento significativo de terras dedicadas à produção agrícola e florestal, bem como a diminuição de áreas úmidas e campos naturais relacionados a esse processo de intensificação do uso da terra.

O avanço da fronteira agrícola está relacionado com a implementação de monoculturas e plantio direto. Uma técnica que inclui a aplicação de insumos tecnológicos que possibilitam o aumento da produção por hectare e os avanços na agricultura contínua (MGAP, 2009). Com essas novas técnicas, os processos de compactação e erosão do solo são impactos ambientais recorrentes (CHAMORRO; SARANDÓN, 2017; GAITÁN ET AL., 2017; REDES, 2011). Esse modelo foi implementado nos anos 1990 e se espalha por todo o país, ganhando força a partir de 2002, quando a expansão e intensificação agrícola atinge terras que não haviam sido utilizadas para esse fim, devido a uma demanda global por novas *commodities* como a soja (GARCÍA ET AL., 2010).

Uma tendência que também se reflete na Bacia hidrográfica do Yí, pois foi verificado que a área cultivada quase triplicou. Essas transformações no uso do solo geraram importantes mudanças no ciclo hidrológico (GARCÍA ET AL., 2018), a perda de cobertura vegetal e a atividade biológica associada, expõe o solo a processos erosivos, reduz a capacidade de infiltração e aumenta a compactação (VIGLIZZO ET AL., 2016). Esses fenômenos unidos às características dos solos podem favorecer o aumento do volume e da velocidade do escoamento superficial (ALAOUI ET AL., 2018).

A tendência expansiva também se mostra em outras monoculturas como a florestal, já que em 1987 foi implementada uma nova Lei Florestal 15.939, isentando todos os tipos de impostos para áreas florestais, subsídios estatais e indicando áreas prioritárias para esse novo propósito, com espécies de rápido crescimento para a geração de celulose para exportação. Como consequência da implementação de monoculturas, muitos territórios de pastagens naturais são perdidos.

A mudança de pastagens para plantações florestais monoespecíficas gera modificações importantes no ciclo hidrológico, como mostram vários estudos (JOBÁGY ET AL., 2013; PEREZ, 2007; ZHANG ET AL., 2001). Como uma das

características do solo coberto com monoculturas florestais há menor transferência de água para alimentação do fluxo hídrico (portanto, maior retenção) e, ao mesmo tempo, maior perda de água por evapotranspiração. Como há maior retenção, se reduz o volume de água introduzido na bacia e isso diminui a energia do rio, ampliando a sedimentação e, conseqüentemente, as inundações (mesmo com menor volume de água) (ALVAREZ-GARRETON ET AL., 2019).

Na bacia hidrográfica do Yí, como em várias áreas do país, a superfície das áreas florestadas aumentou significativamente. Devido a essas circunstâncias, a área de campos naturais, florestas nativas e áreas úmidas diminuiu. Essa é uma tendência preocupante, uma vez que se destinam a contribuir para a regulação do sistema hidrológico, aumentando o tempo de retenção de água, favorecendo sua purificação, controlando a erosão e a exportação de nutrientes orgânicos, além de serem habitats de numerosas espécies nativas (JOHNSTON ET AL., 1990; MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005; ORÚE ET AL., 2011).

Os resultados sobre as tendências de precipitação mostram uma diferença entre a cidade de Durazno, tendo claramente um aumento da precipitação no inverno, e a bacia hidrográfica superior de Yi, na qual não se pode observar nenhuma tendência de aumento da precipitação. A tendência de aumento da precipitação em Durazno, identificada nesse trabalho, coincide com as tendências gerais encontradas para a região. Concorda com os resultados obtidos por Bidegain et al. (2017), que identificaram um aumento tanto da precipitação acumulada quanto do R20 para toda a Bacia hidrográfica do Prata, no período 1971-2015, no entanto, as tendências relatadas por esses autores correspondem às estações primavera-verão. Além disso, Bidegain et al. (2012), relataram tendências crescentes para o oeste do país (Colonia, Mercedes e Paysandú), da mesma forma Castaño et al. (2007), analisaram o Bioma Pampa no Brasil, Argentina e Uruguai, comparando os períodos 1931-1960 com 1971-2000 e, também, mostram um aumento da precipitação durante a estação quente.

O resultado obtido na bacia hidrográfica superior do rio Yi, em que a série Cerro Chato não mostra nenhuma tendência de chuvas registradas entre 1980 e 2018, coincide com as tendências nas localidades próximas Dionisio, Gral. E. Martínez, Lascano e Pirarajá, que segundo a análise realizada mostram o mesmo comportamento entre 1980 e 2006. A proximidade das *Sierras del Este* provavelmente

influencia o comportamento das chuvas. As diferenças na série de dados de precipitação entre Durazno e Cerro Chato poderiam estar associadas a efeitos de patch ou heterogeneidade espacial de dias de de precipitação muito forte e acumulados e, podem ser consideradas complementares ao que foi encontrado em outras investigações (FRICH ET AL., 2002).

Se compararmos os dados da bacia hidrográfica com os das estações meteorológicas mais ao sul, como Los Indios e Velázquez, observamos diferentes tendências, provavelmente influenciadas pela frente oceânica. Em Los Indios, por exemplo, há um aumento significativo da precipitação no outono, entre 1980 e 2006 e, em Velázquez, há uma diminuição da precipitação na primavera no mesmo período de tempo, realidades que não se refletem na bacia hidrográfica do Yí. Embora os dados de 1980 a 2006 não nos permitam confirmar tendências, pois não relatam um período mínimo de 30 anos (OMM, 2011), eles sublinham a heterogeneidade espacial em uma pequena área e mostram a importância de uma visão espacial diferencial.

A bacia hidrográfica do Yí, até a cidade de Durazno, cobre diferentes realidades em relação às chuvas, como mostrado nesse trabalho, representa um comportamento diferente devido à heterogeneidade espacial nas cabeceiras da bacia hidrográfica e na cidade. O nível do rio tem aumentado na cidade de Durazno durante todo o período analisado. Devido à escassez de dados de precipitação diária para toda a bacia hidrográfica, não foi possível interrelacionar o nível da água do rio na cidade com a precipitação na bacia hidrográfica, uma vez que não há dados representativos para toda sua extensão.

Na comparação dos resultados obtidos no nível de fluxo, com estudos no Uruguai de microbacias hidrográficas florestadas, de 70 a 100 ha, e macrobacias hidrográficas florestadas, maiores que 1000 km<sup>2</sup>, uma diferença é mostrada, uma vez que apresentam uma diminuição nos altos fluxos, como no escoamento superficial e geral (SILVEIRA ET AL., 2006). Um comportamento que não se reflete na bacia hidrográfica do Yí, porque se observa uma tendência de aumento em geral e em eventos de alto fluxo, de acordo com os resultados obtidos.

Mesmo assim, no número de eventos de alto fluxo que representam risco para a população, há um aumento no número de eventos entre 1998 e 2007, em comparação com os dados de 1987-1997, e depois uma diminuição no número de

eventos entre 2008-2017. O aumento significativo do segundo período coincide com o início da intensificação agrícola no país (GARCÍA ET AL., 2010), uma concordância que deve ser levada em conta nessa análise. Foi demonstrado que o processo de intensificação, em muitos casos, gera uma redução na capacidade de infiltração e também aumenta a compactação do solo (VIGLIZZO ET AL., 2016), de modo que a água chega ao leito do rio com maior velocidade e pode gerar um aumento mais significativo no nível do rio, como foi demonstrado em Durazno.

A diminuição relativa dos eventos de alto fluxo no último período poderia estar relacionada ao crescimento das plantações florestais, pois a nível nacional, se expandiu significativamente desde 2004 (SILVEIRA ET AL., 2006). Atingindo uma certa altura, requer mais água e reduz o escoamento superficial, de modo que menos chuva chega imediatamente ao corpo de água. As recentes plantações não geram, provavelmente, uma mudança perceptível no ciclo hidrológico imediatamente, isso é geralmente demonstrado com plantações mais maduras (HUBER; IROUMÉ, 2001). Alguns anos após a florestamento, o número de eventos de alto fluxo na cidade de Durazno diminuiu. Há uma complexidade dialética envolvida: de um lado é positivo, porque ao reter mais a água, parece controlar mais as enchentes; por outro lado, é negativo, porque ao reter mais a água, reduz a energia do rio e aumenta o processo de sedimentação, tornando estas áreas muito mais vulneráveis para os eventos extremos que possam vir a se intensificar com as mudanças climáticas

Os eventos de alto fluxo do Yí, na cidade de Durazno, mostram a mesma tendência na diferença entre primavera-verão e outono-inverno que outras microbacias hidrográficas florestadas no território nacional, nas quais se identifica uma maior diminuição do escoamento superficial na primavera e no verão do que no outono e no inverno (SILVEIRA ET AL., 2006). Concentrando-se na sazonalidade dos eventos de inundação registrados no banco de dados, a maioria dos eventos de alto fluxo foram registrados no outono e inverno e, em quantidades menores na primavera e verão.

Uma realidade que está relacionada à própria precipitação, mas certamente, essa tendência também está ligada às mudanças no uso do solo na área urbana, como na bacia hidrográfica superior, e às funcionalidades dos sistemas de zonas úmidas. Em épocas de menor precipitação, como no verão, ela pode afetar mais do

que em épocas de chuvas abundantes. Isso se deve, entre outras causas, à cobertura florestal, que aparentemente faz com que os solos drenem mais rapidamente devido à maior macro e mesoporosidade, mas com menor capacidade de manter os perfis de superfície na capacidade de campo, a água é conduzida por caminhos de escoamento preferencial, que geram um aumento da infiltração (SILVEIRA ET AL., 2006).

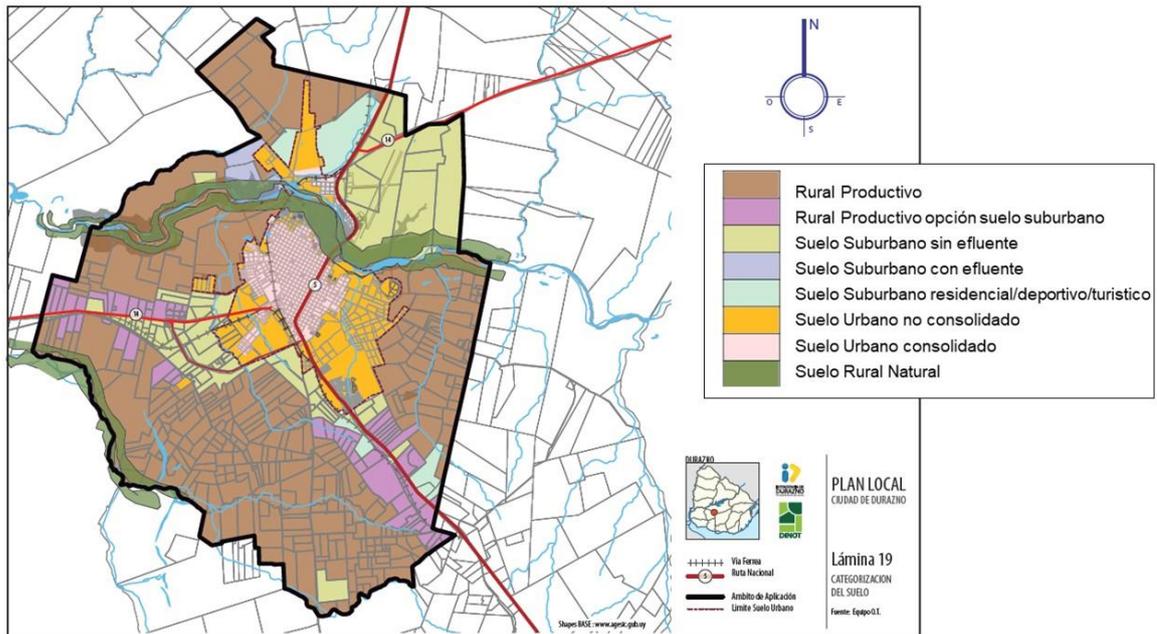
## 7.5. PLANO LOCAL DE PLANEJAMENTO TERRITORIAL E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

A fim de melhor compreender a situação e a projeção do planejamento urbano na cidade de Durazno, em relação a eventos de enchentes e zonas úmidas que se desenvolvem na cidade, é analisado o Plano Local de Planejamento de Uso do Solo e Desenvolvimento Sustentável da cidade.

O Plano foi aprovado em dezembro de 2014 com o objetivo fundamental de orientar o processo de ocupação da terra nas áreas urbanas, suburbanas e rurais em direção ao desenvolvimento equilibrado e sustentável. Dentro desse objetivo geral, são levantados os eixos do habitante e sua residência, a mitigação das consequências das inundações, estabelecendo regras de uso e ocupação do solo especialmente em áreas de risco de inundação, densificação urbana, consolidação de áreas urbanas carentes de serviços básicos de infraestrutura, criação de espaços verdes e a preservação e recuperação dos recursos ambientais e culturais (JUNTA DEPARTAMENTAL DE DURAZNO, 2014).

A cidade de Durazno tem se desenvolvido ao longo dos eixos rodoviários em ambos os lados do rio Yi. O Plano identifica os solos rurais, suburbanos e urbanos (Figura 51), essas categorias são subdivididas de acordo com o uso predominante atual.

Figura 51 - Categorização do terreno Cidade de Durazno



Fonte: Diretoria Departamental de Durazno, 2014, elaboração própria.

Os solos rurais são subdivididos em rurais naturais (verde escuro), rurais produtivos (marrom) e rurais produtivos com a opção de transformação em solos suburbanos (violeta). Uma faixa de solos rurais, principalmente para uso produtivo, é definida ao redor da cidade. Ao longo do rio é mostrada a floresta fluvial e está prevista uma faixa de 250 a 300 metros, em ambos os lados do rio Yí e na margem direita do Córrego Maciel, que está localizada no limite oeste do departamento, perto da planta urbana de Durazno (Figura 51).

O objetivo dessa faixa que acompanha os cursos d'água é proteger os bosques de galeria, os bosques de parque, as pastagens, as zonas úmidas e o sistema de zonas úmidas, que se encontram ao longo dos dois cursos d'água e definem as duas bacias hidrográficas.

A categoria suburbana é dividida em solos com uso industrial/comercial sem efluentes (verde claro), e com efluentes (azul claro), e uso residencial e turístico/esportivo de baixa densidade (verde aquático). Essas categorias estão localizadas em solos diretamente influenciados pelas estradas nacionais, especialmente localizados entre os solos rurais e urbanos. No nível urbano, o Plano apresenta as categorias urbano consolidado (rosa) e urbano não consolidado

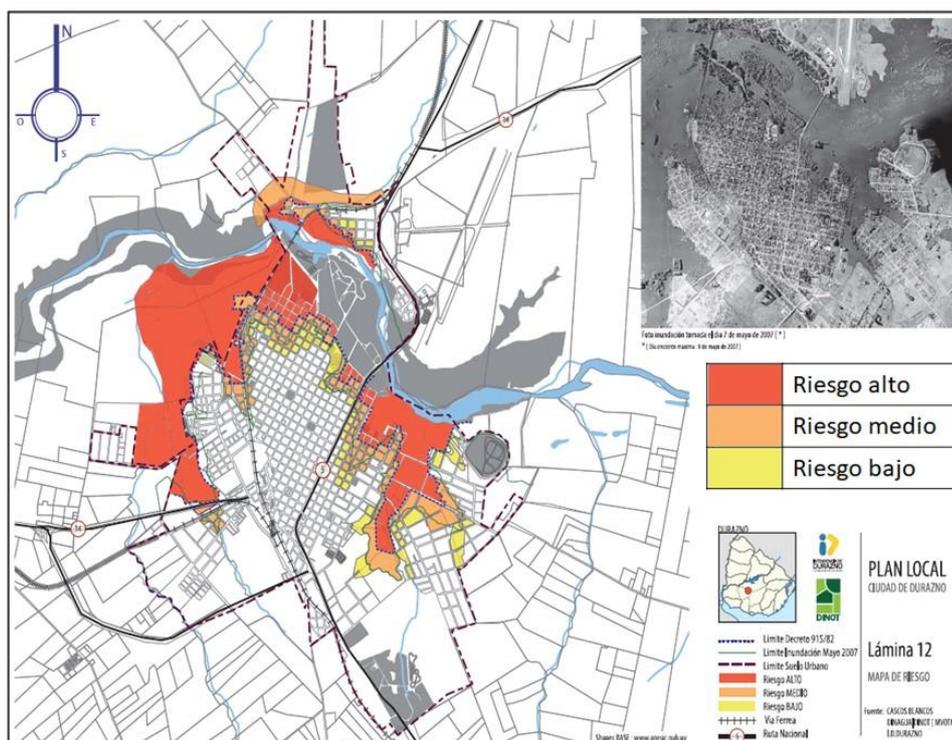
(amarelo), dependendo da presença de serviços básicos de infraestrutura (Figura 51).

O Plano abrange a cidade de Durazno e as áreas imediatas à área urbana, definindo como seu objetivo a mitigação das consequências dos eventos de enchentes. Mesmo assim, a localização dos terrenos urbanos frente ao rio Yí mostra uma proximidade significativa de terrenos consolidados e não consolidados, o que não respeita a zona tampão de 250-300 metros proposta no Plano. A localização de uma grande área urbana próxima ao rio, sem respeitar as planícies de inundação, é uma das razões pelas quais Durazno sempre foi uma das cidades mais afetadas por eventos de inundação em nível nacional.

Observa-se que a realidade dos eventos de enchentes ocorreu na discussão da projeção futura dos solos suburbanos para uso comercial, industrial e residencial. Já que serão provavelmente os solos que, a longo prazo, poderiam ser transformados para ter um uso do solo urbano. A maioria deles está localizada nos eixos das estradas, longe do rio. Da mesma forma, são os solos rurais com a opção de transformar os usos do solo suburbano que acompanham as estradas nacionais, passando pela cidade de Durazno.

Por outro lado, o Plano Local da Cidade de Durazno contém uma categorização das áreas em risco de inundação (Figura 52).

Figura 52 - Mapa de risco de eventos de inundação na cidade de Durazno



Fonte: Diretoria Departamental de Durazno, 2014, elaboração própria.

Nas zonas de alto risco de inundação (representadas pela cor vermelha na figura 52), a subdivisão, construção ou renovação de habitações não é permitida. Somente a construção de instalações recreativas, turísticas e esportivas é autorizada. Nessa zona, a administração departamental promove a implementação de um plano de realocação, dando prioridade aos setores sociais com alta vulnerabilidade, que ocupam as habitações existentes abaixo da curva de inundação de 9 metros, referida à Ponte Velha e, que fazem parte da zona de alto risco. Isso é feito com a compra ou expropriação do terreno pela Prefeitura, demolindo as casas existentes, criando, preferencialmente, terrenos para serem usados para arborização ou parques e jardins públicos.

Em zonas de risco médio (representado pela cor laranja na Figura 52), é necessário promover a mitigação do impacto dos eventos de inundação, estabelecendo um protocolo com critérios de ação. Nos quais está previsto que as habitações devem ser construídas acima do nível da rua, os porões não devem ser permitidos, a impermeabilidade dos pisos térreos deve ser reforçada e as instalações sanitárias e elétricas devem ser instaladas adequadamente.

A instalação de edifícios públicos essenciais não é autorizada em áreas de médio ou baixo risco (representado pela cor amarela na Figura 52), é dada preferência à instalação de estabelecimentos comerciais, industriais ou armazéns, com medidas preventivas ou de mitigação dos danos que podem ser causados por eventos de inundação, embora o uso residencial também seja permitido. Quando um padrão, identificado individualmente pelo Plano, está em qualquer uma das categorias de risco, ele sempre envolve autorizações especiais do governo departamental no momento de mudanças no uso do solo ou na construção.

A presença contínua de eventos de inundação gera a necessidade de estabelecer regulamentos para o uso e ocupação do solo, especialmente em áreas de risco. Portanto, para o futuro, a cidade é projetada longe do rio, evitando áreas propensas a enchentes. Mesmo assim, a classificação de risco não se reflete nas categorias de uso do solo, já que os terrenos urbanos consolidados e não consolidados são desenvolvidos em áreas de risco, por exemplo. O desenvolvimento da planta urbana em áreas de risco foi consolidado e aumentou a vulnerabilidade de um setor da população.

As áreas de alto risco correspondem às zonas úmidas da parte urbana da cidade (Figura 37). As áreas urbanas da cidade de Durazno e das zonas úmidas do rio Yí sublinham a necessidade de levar esses ecossistemas em consideração no momento do planejamento urbano. Esses delicados ecossistemas são degradados pela expansão urbana e eventualmente perdidos. Sua função na água tamponada diminui e aumenta o risco para a população que a habita em ser afetada por eventos de enchentes. Evitar a impermeabilização nessas áreas, como proposto pelo Plano, pode ajudar ao enfrentar um evento de inundação.

Entende-se por zonas de risco médio aquela área entre a de alto risco e a última curva de inundação máxima conhecida, que foi em 2007. A moradia também é promovida com critérios que exigem a redução da vulnerabilidade das pessoas que ali vivem, concentrando-se em mitigar o efeito do evento da enchente, sem levar em conta a causa.

A função das planícies de inundação não é levada em conta quando elas são impermeabilizadas. Isso pode resultar na criação de novas áreas de inundação ao longo do rio em momentos em que o fluxo do rio aumenta e/ou a situação se intensifica nas atuais, razão pela qual as zonas de risco teriam que ser continuamente identificadas. A gestão das zonas de baixo risco envolve a área entre a curva de

inundação máxima conhecida e a curva do período de retorno de 500 anos. Quando edifícios públicos essenciais para a população também não podem ser instalados, é evidente que seu uso também apresenta um risco. A impermeabilização dessas áreas pela construção de instalações comerciais, industriais, de armazenamento ou de moradias, conforme proposto, pode ter efeitos negativos sobre a dinâmica do rio.

## 7.6. CONSIDERAÇÕES

Várias mudanças são observadas na bacia hidrográfica do rio Yí que afetam os eventos de inundação na cidade de Durazno. Houve mudanças no uso do solo em toda a bacia hidrográfica e, especialmente, na área da cidade de Durazno. Embora a vazão do rio se comporte de forma diferenciada no segundo período, ainda assim é gerado um fator de risco para a população da cidade de Durazno que vive nas planícies baixas da cidade, uma vez que eles devem evacuar suas casas devido à maior intensidade das inundações.

Mesmo assim, a população de Durazno está, agora, melhor preparada para eventos de enchentes devido à implementação de um sistema de alerta precoce. Isso prevê quando o rio excede seu fluxo normal, com base em um modelo de várias variáveis, e prevê o momento da evacuação. Da mesma forma, para a população vulnerável que vive em áreas propensas a inundações, o risco de eventos de inundação não é eliminado, uma vez que sua localização significa que eles sempre têm que enfrentar essa situação. No entanto, pode-se ver que o mais recente desenvolvimento da cidade está ocorrendo em direção ao sul e ao leste, evitando o uso residencial nas planícies de inundação do Yí.

A bacia hidrográfica do rio Yí deve ser entendida como uma bacia hidrográfica de usos variados e não representativa em seu comportamento como uma bacia hidrográfica dedicada ao cultivo de cereais ou à silvicultura. Os resultados dos estudos realizados no país sobre o comportamento da água das bacias hidrográficas florestais são baseados em bacias hidrográficas com maior presença florestal, mais de 10% (SILVEIRA ET AL., 2006). O comportamento do fluxo no Yí poderia ser explicado em parte pela área dedicada às culturas, o que implica em solos nus na época de chuvas fortes no inverno, mas também pode afetar a diminuição do escoamento, o aumento da evapotranspiração e o aumento da infiltração devido à florestamento.

Em qualquer caso, o avanço das monoculturas resultou na perda de muitas áreas de pastagens naturais ricas em espécies, devido à expansão das monoculturas de cereais e florestas. Essas circunstâncias reduziram a área de campos naturais, florestas nativas e áreas úmidas. Essa é uma tendência preocupante, já que contribuem significativamente para a regulação do sistema hidrológico. Também o avanço da urbanização e o aumento da planta urbana da cidade de Durazno na planície de inundação do rio Yí afeta a zona úmida e, aumenta a vulnerabilidade da população que vive nessas áreas baixas, não adequadas para uso residencial.

## **8. A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO CUÑAPIRÚ E A CIDADE DE RIVERA**

A cidade de Rivera e a Cabeceira da bacia hidrográfica do Córrego Cuñapirú formam o terceiro estudo de caso, já que, de acordo com o registro nacional de zonas úmidas, 45% da área urbana está em áreas baixas (DINAMA, 2016) e, 17 eventos de enchentes foram registrados entre 1987 e 2017 (SCHÖN ET AL., 2018).

### **8.1. CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA**

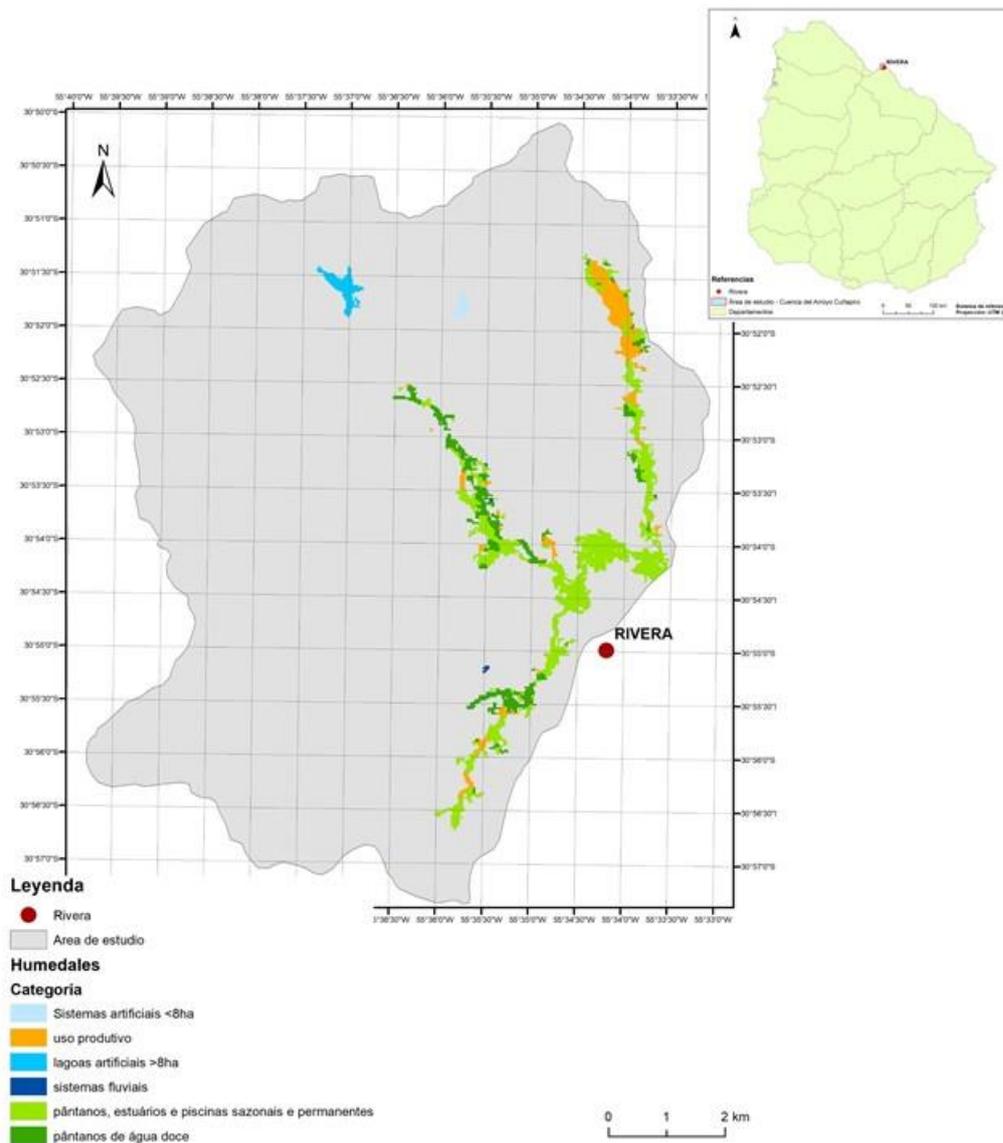
A área de estudo está localizada no norte do país, na fronteira com o Brasil. A cidade de Rivera está localizada na bacia hidrográfica superior do riacho Cuñapirú, a poucos quilômetros de suas cabeceiras. A bacia hidrográfica do Cuñapirú faz parte da bacia hidrográfica do Rio Tacuarembó, que está localizada no subsetor noroeste da bacia hidrográfica do Rio Uruguai e é de importância estratégica, devido a sua função de recarregar o Aquífero Guaraní (ACHKAR ET AL., 2016a).

A área de estudo é definida a partir da cabeceira do Cuñapirú até o riacho chegar à cidade de Rivera e tem uma área de 9415 ha. De acordo com o CONEAT (MINISTERIO DE GANADERIA, AGRICULTURA Y PESCAS, 1994), nessa área, as unidades paisagísticas predominantes são colinas, colinas sedimentares e a frente de declive basáltica. É uma zona caracterizada por cadeias de montanhas rochosas com declives de 12 a 24%. Nas partes mais altas há uma predominância de solos superficiais com afloramentos rochosos e boa drenagem. O ecossistema dos prados de inverno predomina com desenvolvimento esparsos nos solos superficiais e densas tapeçarias nos solos mais profundos. Florestas serranas bem desenvolvidas podem ser encontradas nas ravinas e perto dos cursos dos rios.

De acordo com a tipologia de zonas úmidas de Ramsar, cerca de 5% da área de estudo são zonas úmidas. Subdivididos em sistemas de zonas úmidas, que têm inundações ou saturação recorrentes ou sustentadas, aqueles encontrados na área de estudo são pântanos, estuários e piscinas sazonais e permanentes, representando 56,5% das áreas úmidas. Sistemas fluviais envolvendo os cursos dos rios, riachos, córregos, matas ciliares e, também, deltas resultantes da dinâmica deposicional dos cursos de água acima mencionados, são encontrados rios e riachos representando 0,3% e pântanos de água doce, representando 20,4%. Sistemas artificiais envolvendo áreas úmidas que foram modificadas para fins produtivos, tais como lagoas artificiais

menores que 8ha representam 1,4%, lagoas artificiais maiores que 8ha representam 4,6%, áreas úmidas que foram transformadas para uso produtivo representam 16,8% (Figura 53).

Figura 53 - Tipologia das zonas úmidas de Ramsar na Bacia Hidrográfica do Alto Cuñapirú

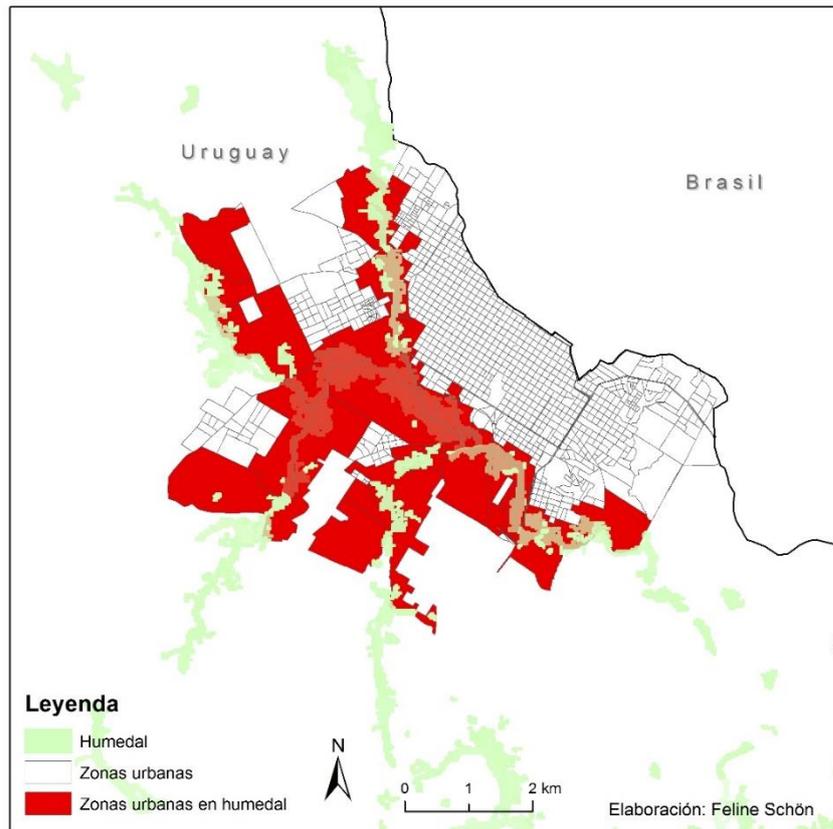


Fonte: LDSGAT- DINAMA 2016

O principal uso da terra é, historicamente, a pecuária mista extensiva e o uso agrícola de pequenas fazendas e monoculturas florestais (ACHKAR ET AL., 2004). Na cabeceira do riacho Cuñapirú, a única localidade é a cidade de Rivera, com 64.465 habitantes, dos quais 4.428 vivem em áreas úmidas (SCHÖN ET AL., 2018),

identificando as áreas urbanas de Rivera, segundo o INE, que se sobrepõem com as áreas úmidas (Figura 54). Rivera está localizada em uma área de cabeceira de rio, que geralmente envolve poucas áreas úmidas, mas ainda sofre com eventos de enchentes em uma base regular, na qual uma parte da população local é afetada.

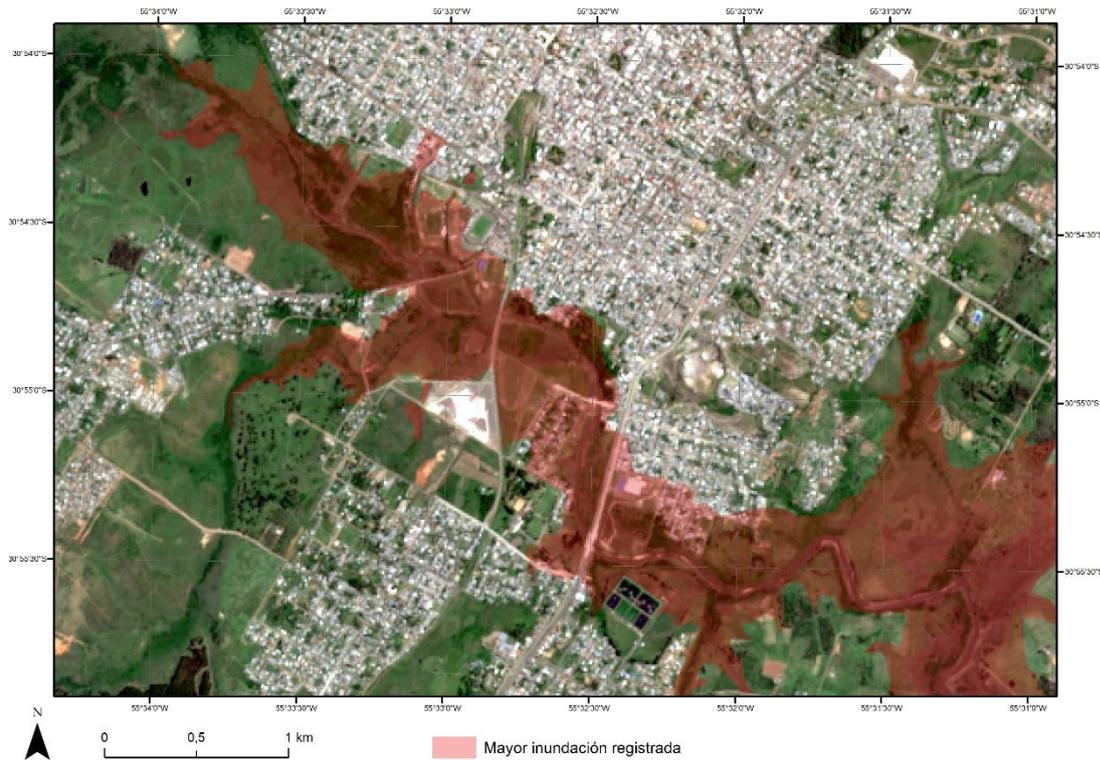
Figura 54 - Áreas urbanas da Cidade de Rivera e das zonas úmidas do Cuñapirú



Fonte: INE, LDSGAT-DINAMA

Também, na área urbana interrelacionada com o Modelo Digital de Território (MDT) da área, observou-se que a cidade de Rivera se desenvolve, em grande parte, em áreas baixas, as planícies de inundação do riacho Cuñapirú (Figura 55), há áreas em risco de inundação, refletindo também as áreas úmidas (Figura 54). Envolve áreas habitadas nas quais a população é vulnerável a eventos de enchentes.

Figura 55 - Áreas em risco devido a enchentes



Fonte: baseado no IDEuy MDT em uma imagem de satélite Sentinel 2 de 20.01.2021.

## 8.2. METODOLOGIA

A estratégia metodológica foi baseada na análise da bacia hidrográfica do riacho Cuñapirú a partir de sua hidrologia e, na identificação dos fatores que favorecem os eventos de enchentes na cidade de Rivera. Para isso, as modificações na planta urbana e no uso do solo foram avaliadas através de um SIG, verificando-o no campo. Além disso, a variabilidade da precipitação do Córrego Cuñapirú foi avaliada no período 1987-2018, um período de mais de 30 anos que permite a avaliação das tendências climáticas (ORGANIZAÇÃO METEOROLÓGICA MUNDIAL, 2011).

Para a análise das mudanças na parte urbana, trabalhamos com fotografias aéreas do voo de 1966, as primeiras imagens disponíveis para todo o país, em comparação com as fotografias aéreas de 2018, o voo mais atual em escala nacional, publicadas pela IDE.

A fim de detectar as principais transformações no uso do solo nas cabeceiras da bacia hidrográfica do rio Cuñapirú no período de estudo, trabalhamos com imagens de satélite de 1987 e 2019. Para esse fim, uma imagem TM/Landsat-5 de 31.10.1987 e uma imagem TM/Landsat-8 de 21.09.2019 foram baixadas do site <https://www.usgs.gov/>, ambas com uma resolução espacial de 30x30 metros.

As classificações supervisionadas foram realizadas utilizando o método das distâncias mínimas, esse método calcula a distância euclidiana entre a reflectância dos pixels da imagem e os pixels de treinamento, aos quais é atribuída uma classe de identidade conhecida. Então, cada pixel de imagem é atribuído à classe com as reflexões mais próximas de sua própria (CONGEDO, 2016; RICHARDS; JIA, 2006).

Seis classes de uso do solo foram consideradas em 1987 e 2019 para a bacia hidrográfica superior de Cuñapirú. Divididas em *Infraestrutura*, que incluiu áreas industriais, residenciais e rodoviárias e a categoria de *corpos de agua*, que representam recursos hídricos não cobertos por vegetação. A categoria de *campo natural* representa a classe mais genérica, pois é composta de pastagens de produtividade diferente. As *zonas úmidas*, que representam áreas baixas diferem do campo natural por causa de suas zonas úmidas. *Monte*, que é representada principalmente por florestas ribeirinhas e a categoria de *florestamento* de monte de abrigo e grandes áreas florestadas da indústria florestal.

A classificação do uso do solo de 2019 foi validada pela determinação do nível de precisão. No outono de 2020, foi realizada uma campanha de campo que consistiu em uma caminhada, na qual foram considerados 36 pontos de controle. Essa validação também forneceu a resposta espectral dos principais usos do solo, utilizada para orientar a classificação de 1987.

Para analisar a variabilidade da precipitação na bacia hidrográfica, trabalhamos com uma série histórica de chuvas diárias acumuladas durante o período 1987-2018, correspondente à estação meteorológica de Rivera. Os registros dessa estação foram utilizados por estar localizada na cidade afetada pelos eventos das enchentes e apresenta registros durante todo o período de trabalho. As informações foram fornecidas pelo INUMET.

No contexto da atual mudança climática, pode haver tendências crescentes tanto na precipitação acumulada quanto dias de precipitação muito forte, com

diferenças sazonais (BIDEGAIN ET AL., 2017). A análise realizada explorou possíveis tendências sazonais em dois níveis, por um lado, considerando a precipitação acumulada e, por outro, a soma sazonal de eventos diários de precipitação muito forte para a cidade de Rivera. Isso foi determinado a partir do índice R20 (HAYLOCK ET AL., 2006; ZHANG ET AL. 2011), que considera como dias de precipitação muito forte aqueles casos em que a precipitação diária acumulada excede 20 mm, recentemente utilizada para a Bacia hidrográfica do Prata por Bidegain et al. (2017).

O teste Mann-Kendall (MANN, 1945; KENDALL, 1975) foi aplicado para avaliar as tendências na série mensal de precipitação acumulada e a soma sazonal de R20. Esse é um teste não paramétrico que avalia comportamentos monotônicos de séries de dados e tem sido amplamente utilizado para avaliar tendências em séries temporais hidrometeorológicas (ALVARIÑO ET AL., 2018; CAORSI ET AL., 2018; HIRSCH; SLACK, 1984; SARRICOLEA ET AL., 2017).

Em Rivera e na bacia hidrográfica de Cuñapirú, encontramos poucos dados de análise sobre a bacia hidrográfica superior, razão pela qual foram analisados dados registrados sobre eventos de enchentes do SINAIE, sendo realizadas duas entrevistas semi-estruturadas com técnicos do governo municipal de Rivera, em março de 2020, sobre a situação da cidade diante de eventos de enchentes. Além disso, foi realizada uma entrevista por telefone com outro técnico da Prefeitura de Rivera no mesmo mês. As entrevistas semi-estruturadas foram realizadas com especialistas sobre o assunto no contexto local, a fim de obter informações do ponto de vista deles (CORBETTA, 2007). Através das entrevistas, adquirimos uma melhor compreensão da realidade local diante dos eventos das enchentes e suas possíveis causas, o que enriqueceu a análise dos problemas desse trabalho.

### 8.3. CARACTERIZAÇÃO DAS INUNDAÇÕES

Apresentamos os resultados obtidos em relação às mudanças detectadas na paisagem do riacho na parte urbana e no uso do solo nas cabeceiras da bacia hidrográfica do Cuñapirú entre 1987 e 2018. Além disso, são mostradas as tendências de precipitação na cidade de Rivera e as informações obtidas a partir das entrevistas realizadas estão interrelacionadas.

Com base no processamento de imagens de satélite e um campo ao longo do riacho, foram identificadas importantes mudanças na paisagem do Cuñapirú na área urbana. O desmatamento da mata ciliar pode ser claramente observado ao longo de várias seções do riacho, relacionadas com a canalização. As dragagens e ampliações realizadas no Cuñapirú levaram à eliminação da vegetação ripária e sua sinuosidade natural (Figura 56), mas não alteram a dinâmica das cheias do riacho.

Figura 56 - Canalização do Córrego Cuñapirú



Esquerda: Vão de fotografia aérea 1966 (SGM). Direita: Vão aéreo 2018 (IDEuy). Elaboração própria

Embora o riacho seja canalizado, processos de acúmulo de sedimentos podem ser observados, já que o riacho se mobiliza e deposita sedimentos ao longo de seu canal, com o tempo é possível instalar vegetação e gerar condições que favorecem a formação do solo. Esse processo edáfico favorece a coesão entre os sedimentos, o que reduz o seu transporte, facilitando os processos de entupimento do leito e diminuindo a velocidade do fluxo no canal (Figura 57).

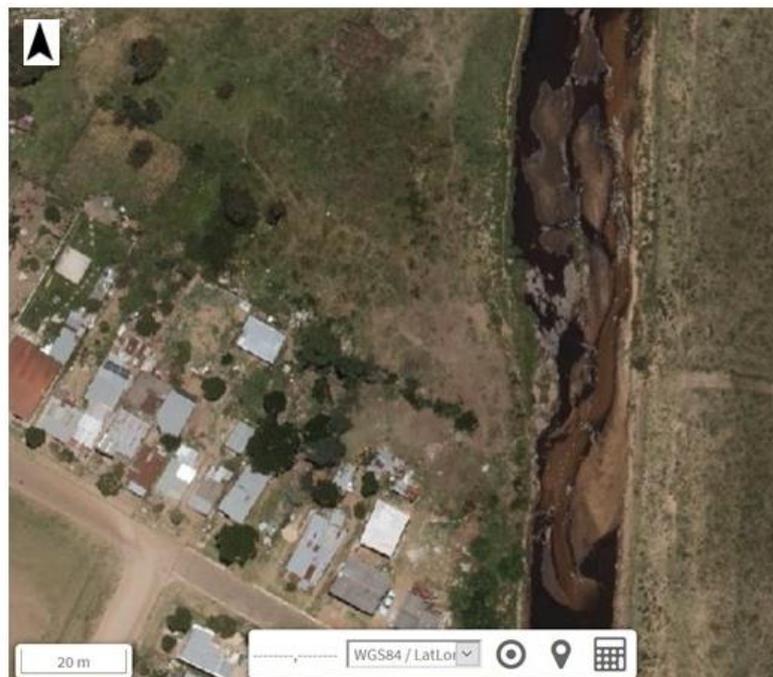
Figura 57 - Sedimentação com início de vegetação no riacho Cuñapirú.



Fonte: Rodrigo Childe, 01.10.2020

No riacho Cuñapirú, a vegetação está atualmente aumentando ao longo das margens. Além disso, são observados processos de sedimentação que estão começando a diminuir o canal do leito do rio na área urbana da cidade (Figura 57, 58). No canal existem áreas em que a velocidade diminui, dando origem a processos de acumulação de sedimentos, podendo observar os primeiros avanços na formação do solo, tanto nas bordas como no centro do canal, iniciando a cobertura vegetal (Figura 57). Como resultado, aumenta a possibilidade de eventos de inundação na cidade. Essa é a dinâmica natural de um curso de água que sempre mobiliza sedimentos e são depositados a jusante, esses processos também são registrados aqui (Figura 58).

Figura 58 - Sedimentação e estreitamento do canal Cuñapirú



Fonte: Vão de fotografia aérea 2018 (IDEuy). Elaboração própria

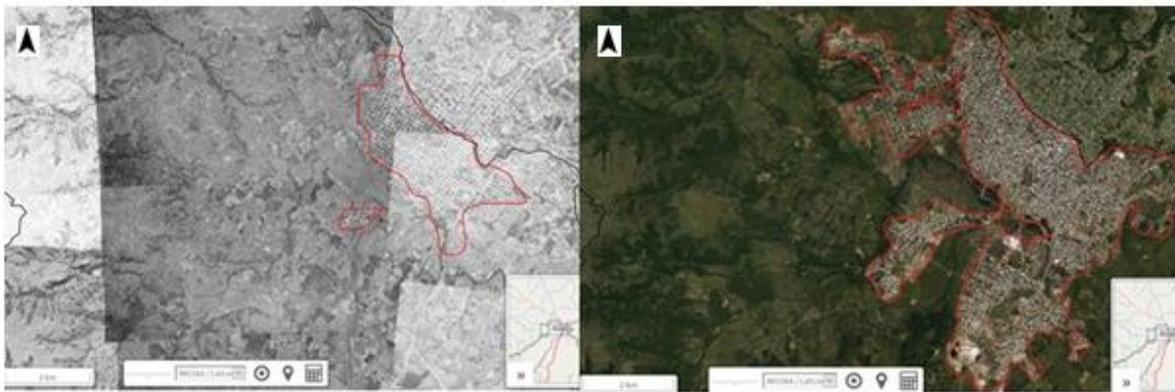
Nenhum grande acúmulo de sedimentos, nenhuma vegetação muito alta e nenhum processo avançado de edafização são mostrados ainda, desde que o córrego foi dragado e ampliado há alguns anos. Embora o fluxo seja retificado, os materiais são continuamente mobilizados, na direção noroeste a sudeste. Com o passar do tempo, devido ao acúmulo de sedimentos, o fluxo vai diminuindo cada vez mais. Segundo os técnicos da Prefeitura, a solução seria manter a retificação do canal permanentemente limpa e não permitir a urbanização das zonas de inundação no futuro.

Além disso, a comparação das imagens de 1966 e 2018 mostra um avanço significativo da planta urbana em direção ao riacho (Figura 56, 59) levando a uma progressiva impermeabilização do solo nas planícies de inundação, uma realidade que também é reconhecida pelos técnicos:

“Rivera creció mucho en pavimentación, por un lado, está bueno porque mejoró la calidad de vida para el ciudadano, pero por otro lado es cierto que el escurrimiento es mucho más rápido y puede generar un problema porque los volúmenes son mayores que si tuvieras un suelo que absorbiera esa masa.” (Entrevista II, 2020)

Somando o aumento do escoamento devido à impermeabilização com a redução do canal, baseado no acúmulo de sedimentos, gera um aumento do risco para os habitantes de áreas baixas, uma vez que podem ocorrer eventos de enchentes muito mais graves e/ou mais frequentes do que os eventos conhecidos anteriormente.

Figura 59 - Comparação do plano urbano de Rivera entre 1966 e 2018



Fonte: Esquerda: Vão de fotografia aérea 1966 (SGM). Direita: Vão aéreo 2018 (IDEuy). Elaboração própria.

A cidade de Rivera cresceu significativamente entre 1966 e 2018, nas imagens há uma densificação nas partes consolidadas, uma expansão urbana em direção ao oeste, onde estão localizadas as cabeceiras dos Cuñapirú, e em direção ao sul da cidade, passando o córrego, assim como em direção ao leste (Figura 59). Não se trata apenas de uma situação na área construída, há também um crescimento populacional, que se reflete nos dados do INE, em 1963 Rivera tinha 41.266 habitantes e no último censo, em 2011, o número de habitantes e atinge 64.456.

O córrego está atualmente localizado no centro da cidade, dividindo a parte antiga no norte com a nova parte no sul do Cuñapirú, com necessidade de conexão por pontes, obstáculos que também podem interferir com a dinâmica do canal. Além disso, sedimentos e vários materiais se acumulam nessas áreas, o que interfere ainda mais na dinâmica do fluxo (Figura 60).

Figura 60 - Pontes do Cuñapirú na área urbana de Rivera



Fonte: Rodrigo Childe, 01.10.2020.

Os processos de urbanização em várias partes da cidade, tanto planejados e consolidados como os assentamentos irregulares, têm ocorrido na planície de inundação do córrego, favorecem os processos de impermeabilização do solo e desmatamento ribeirinho. As primeiras subdivisões e bairros em áreas baixas, como o bairro La Raca, foram criados antes da implementação da Lei de 1946, sobre Centros Populados, que pela primeira vez proibiu a instalação de casas em áreas baixas até 50 cm mais altas do que a maior inundação conhecida. La Raca é um bairro consolidado e localizado nas proximidades imediatas do córrego (Figura 61), processos de sedimentação também são observados nessa área, que devido a sua localização, está permanentemente em risco de eventos de inundação.

Figura 61 - Moradia nas proximidades imediatas do riacho Cuñapirú



Fonte: Rodrigo Childe, 01.10.2020

Os técnicos locais também confirmam que o fluxo não foi levado em conta no planejamento urbano. Até os anos 1990, bairros inteiros foram construídos em áreas baixas da cidade. Eles concordam que o desenvolvimento de subdivisões em zonas de inundação é a principal causa de eventos de enchentes na cidade. Desde há pouco mais de uma década que as planícies de inundação são contempladas no desenvolvimento urbano planejado e, segundo os técnicos do Município, a urbanização em terras baixas não é mais permitida. Mesmo assim, nos últimos anos foram construídos grandes complexos nas planícies de inundação: o Macromercado e o Melancia Shopping (Figura 62).

Figura 62 - Grandes instalações na planície de inundação do Córrego Cuñapirú



Fonte: Vão de fotografia aérea 2018 (IDEuy). Elaboração própria.

O Shopping Melancia está localizado em uma área úmida que não foi urbanizada e funcionou como uma grande planície de acúmulo de água em caso de inundação. Sua construção gerou uma espécie de dique na estrada de acesso e uma impermeabilização em uma área que amorteceu as massas de água em momentos de alto fluxo, reduzindo a funcionalidade do pântano natural (Figura 63).

Figura 63 - Melancia Shopping localizado em áreas baixas



Fonte: Rodrigo Childe, 01.10.2020.

Também na bacia hidrográfica superior de Cuñapirú, houve um aumento significativo da urbanização como fator principal nas transformações territoriais. Na bacia hidrográfica superior do rio Cuñapirú, não há grandes mudanças no uso do solo, a única categoria que tem mostrado crescimento significativo é a infraestrutura (Tabela 13), que se deve à expansão urbana da cidade de Rivera. De acordo com as mudanças detectadas, a urbanização é desenvolvida principalmente em áreas úmidas e, em menor extensão, em campos naturais (Tabela 13).

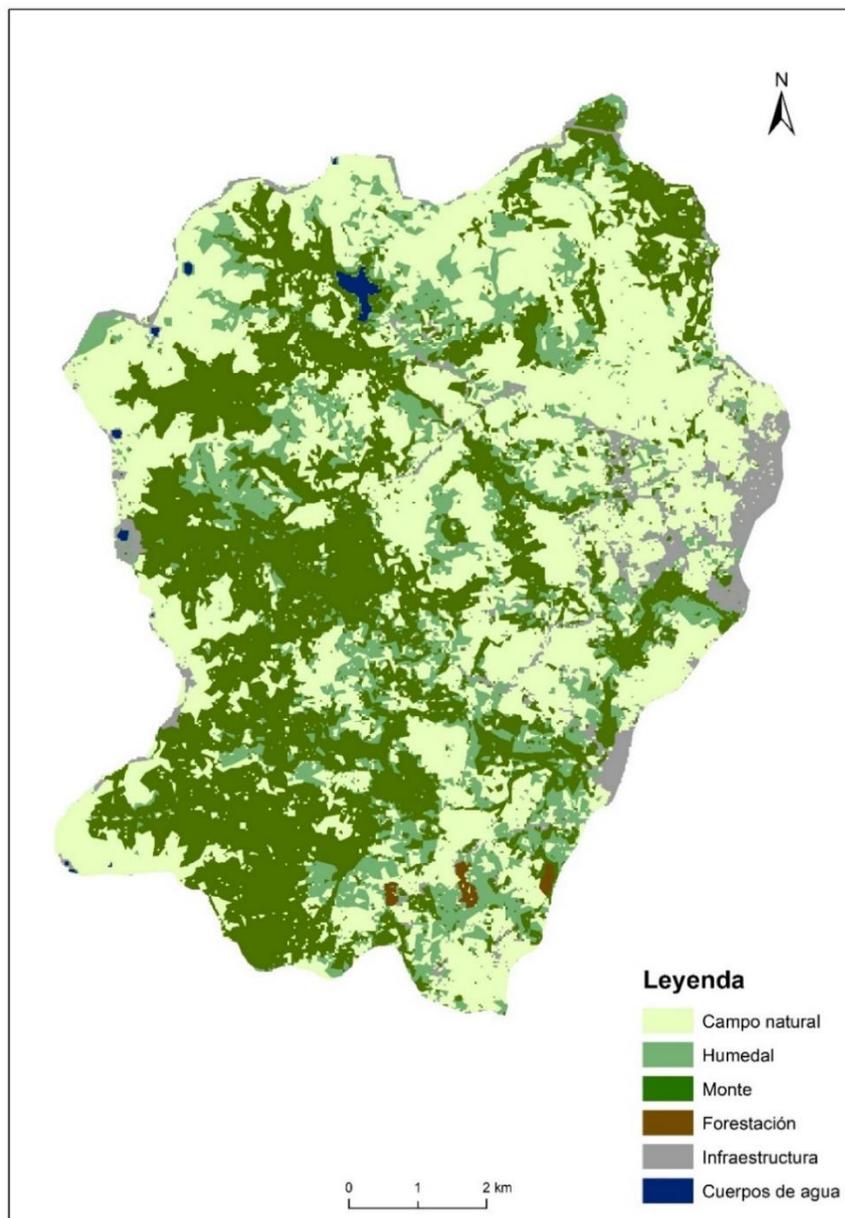
Tabela 13 - Uso do solo na Bacia Hidrográfica do Cuñapirú, comparando 1987 e 2019

<b>Usos</b>	<b>1987 (%)</b>	<b>2019 (%)</b>
Campo natural	45	42,7
Zonas úmidas	14,5	9
Monte	35	35
Florestamento	0,2	1
Infraestrutura	5	12
Corpos de água	0,3	0,3

Fonte: Elaboração própria

Em 1987, o campo natural dominou significativamente o uso da terra, ocupando 45% da superfície total da área de estudo da bacia hidrográfica. As zonas úmidas cobriram 14,5%, o monte ocupava 35% e os corpos de água 0,3% da área. O florestamento era muito limitado na área com 0,2% e a infraestrutura, que forma principalmente as margens da cidade de Rivera, ocupava 5% (Tabela 13, Figura 64).

Figura 64 - Uso do solo da área de estudo da Bacia Hidrográfica do Cuñapirú em 1987

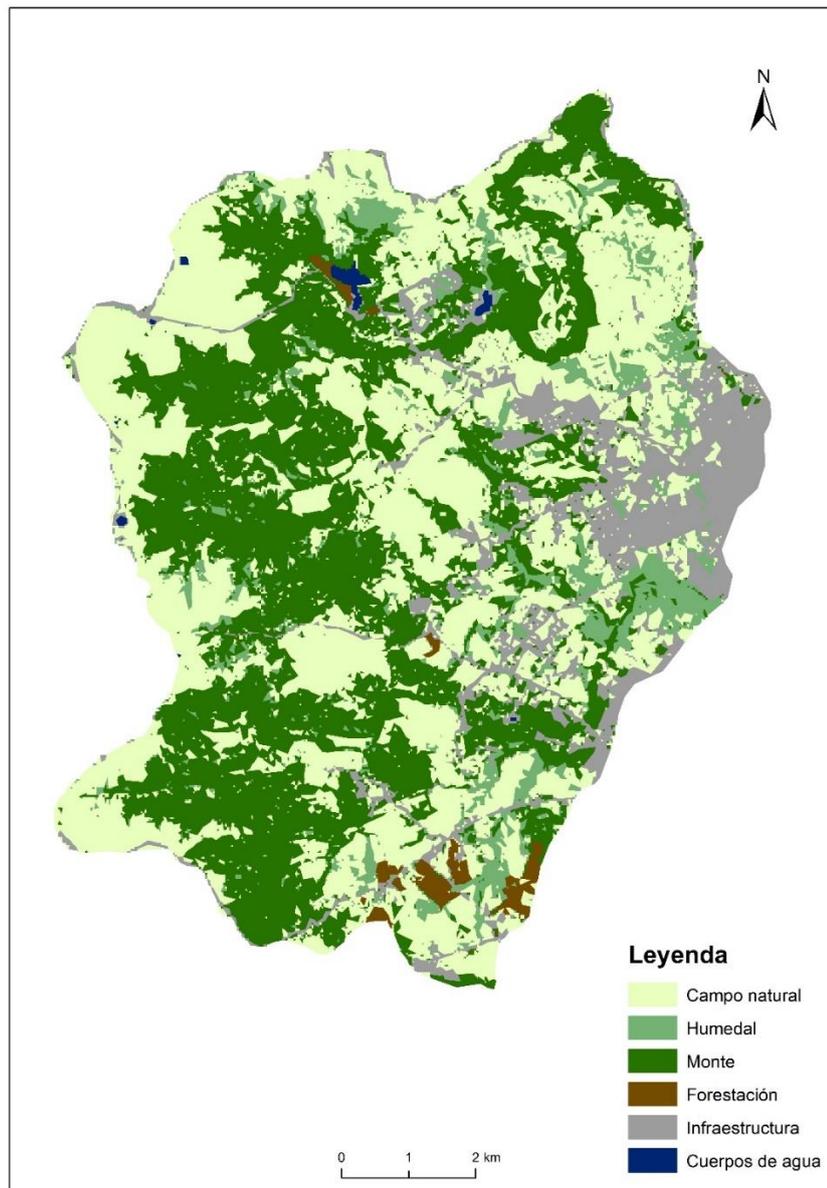


Fonte: TM/Landsat-5 imagem de 31.10.1987, elaboração própria.

Em 2019, de acordo com a campanha de validação, a classificação realizada tem 89% de precisão. O uso predominante na bacia hidrográfica continua sendo o campo natural com 42,7% da área de superfície da bacia hidrográfica. A categoria de áreas úmidas diminuiu para 9% e o monte permaneceu a mesma, com 35% da área analisada, assim como os cursos d'água, que permaneceram com a mesma extensão de 0,3%. O florestamento aumentou na área e ocupa 1%, mas a transformação mais

importante é registrada na infraestrutura, que aumentou para 12%, implicando, atualmente, na ocupação de mais do dobro da área de estudo, do que em 1987 (Tabela 13, Figura 65), essa análise não inclui toda a planta urbana da cidade, ela cobre apenas as margens ocidentais da cidade.

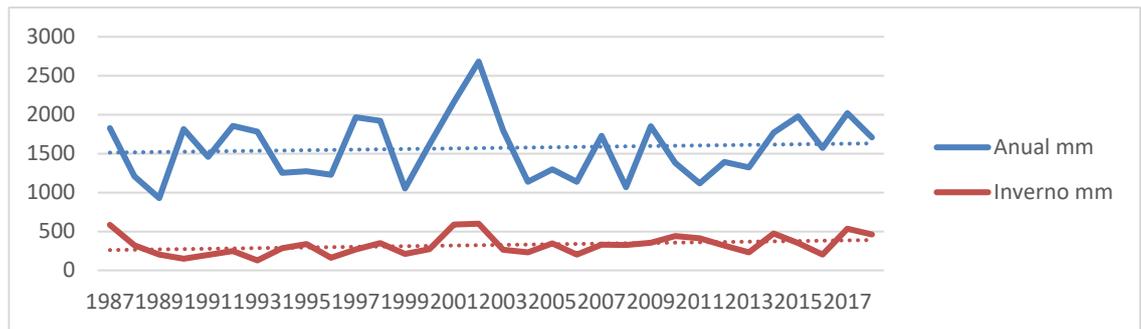
Figura 65 - Uso do solo da área de estudo da Bacia Hidrográfica do Cuñapirú em 2019.



Fonte: TM/Landsat-8 imagem de 21.09.2019, elaboração própria.

Na bacia hidrográfica do riacho Cuñapirú, a série de precipitação da soma sazonal acumulada apresenta uma tendência de aumento, estatisticamente significativa, no inverno da cidade de Rivera (1987-2018) (Figura 66).

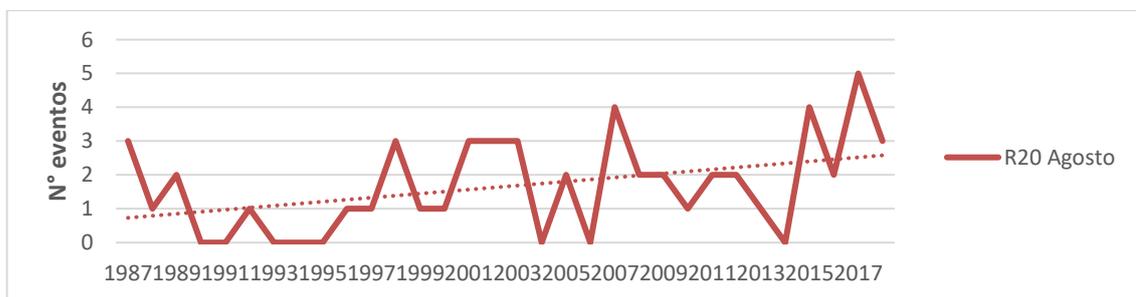
Figura 66 - Precipitação acumulada em Rivera



Soma dos mm de precipitação por ano (linha azul sólida e no inverno (linha vermelha sólida) maior, e suas respectivas linhas de tendência (linhas pontilhadas). Fonte: Elaboração própria.

Ao analisar a precipitação mais intensa maiores que 20mm, por estação, nenhuma tendência do índice (R20) é mostrada no período. Considerando e analisando as chuvas fortes por meses, mostra uma tendência estatisticamente significativa de aumento no mês de agosto, indicando uma maior pluviosidade na sazonalidade de inverno (Figura 67).

Figura 67- Precipitação diária R20 em agosto



Soma dos eventos diários de precipitação (linha vermelha sólida) maior que 20 mm na estação Rivera no mes do agosto, e sua respectiva linha de tendência (linha pontilhada). Fonte: Elaboração própria.

O Cuñapirú não tem um medidor de elevação na cidade de Rivera ou arredores, portanto não tem sido possível analisar as tendências no nível do riacho e sua relação

com as chuvas. Por essa razão, o banco de dados SINAE de eventos de inundação registrados é considerado, relacionando-os às fortes chuvas na cidade.

Em Rivera, não houve inundações no inverno, mas em todas as outras estações, três na primavera, seis no verão e cinco no outono. No maior evento de cheia, registrado no verão de 2014, um total de 1051 pessoas foram evacuadas e auto-evacuadas. Também apresenta uma tendência no aumento de eventos de enchentes, como registrado pelo SINAE entre 1987 e 2018. Mesmo assim, a partir do conhecimento fornecido pelos técnicos da Prefeitura, há uma melhoria contra eventos de enchentes, devido à canalização, que foi concluída em 2016:

“Creo que la situación actual frente a las inundaciones es mucho mejor que antes. Se hizo todo un dragado del lecho del curso de agua, se fortificaron lo que son taludes y demás y eso ayudó muchísimo en el número de evacuados. Debe haber bajado un 60-70% de los evacuados.” (Entrevista II, 2020)

Analisando os dados pluviométricos em relação aos tempos de cheia registrados, não há correlação entre o evento da cheia e a precipitação. Pode-se ver que a quantidade de precipitação varia muito para um evento com evacuados a ser registrado. Da mesma forma, são registradas chuvas acumuladas de 0,5 mm a 227,9 mm em três dias, levando a evacuações na cidade. Como Rivera está localizada perto da cabeceira do Cuñapírú, a precipitação acumulada não pode ter um grande impacto, já que leva pouco tempo para que a água chegue à cidade, uma vez que a chuva é registrada.

“Nace en la cuchilla a poca distancia de la ciudad que tiene que es muy rápido el agua, cuando el agua llega al Club de Polo<sup>3</sup> quiere decir que en 45 minutos está inundada la Raca<sup>4</sup> es muy rápido. No hay un sistema de alerta temprana como en otros lugares. Es rápido el agua llega rápido y baja rápido en 1, en 2 horas baja 50cm, igual el daño ya queda hecho es bastante violento. Esas son las características en esta zona.” (Entrevista I, 2020).

---

<sup>3</sup> Está localizada na periferia da cidade, a 5 km da área urbana consolidada.

<sup>4</sup> La Raca é um bairro localizado na planície de inundação e o primeiro a ser afetado por eventos de inundação.

Uma observação, também confirmada por técnicos do Município de Rivera, que explicaram que pode ser que chuvas de 40 mm inundem grande parte da cidade ou, 100 mm sem ter que evacuar, é monitorada no momento conhecendo os bairros afetados, mas não lida com um indicador de chuvas ou níveis de fluxo para prever eventos de inundação.

#### 8.4. ANÁLISE DAS POSSÍVEIS CAUSAS

Essa parte discute os resultados obtidos, a importância das mudanças no uso do solo na bacia hidrográfica, especialmente na área urbana, a análise da variabilidade das chuvas e a ocorrência de eventos de inundação registrados.

Entende-se que a grande expansão urbana na bacia hidrográfica do rio Cuñapirú levou à canalização e desmatamento do seu leito, na área urbana. Essas circunstâncias afetam as áreas úmidas da cidade e desempenham um papel importante na dinâmica dos eventos das enchentes. As transformações geradas são o resultado da urbanização planejada e irregular, durante todo o período analisado e mesmo antes, o que mostra que as condições naturais do meio ambiente não foram levadas em conta no desenvolvimento urbano.

A impermeabilização dos solos, baseada no avanço da urbanização através da instalação de infraestrutura, habitação e grandes empreendimentos, gera a redução da infiltração de água no solo e um aumento do escoamento superficial (PAUL; MEYER, 2001). O crescimento do número de habitantes, que quase dobrou nos últimos 60 anos, se reflete na expansão da planta urbana. O fato de que o processo de urbanização continua a intervir em áreas de planície de inundação (possivelmente preenchendo áreas baixas), e provavelmente também no futuro, pode causar a geração de eventos de inundação fora das planícies de inundação (CHEN ET AL., 2009).

Como as atividades antropogênicas em planícies de inundação podem comprometer sua função hidrológica, aumentando os níveis de fluxo "normal" e também inundando durante períodos de chuva (BAPTISTA EL AL., 2017). As várzeas são "propensas a inundações" (OEA, 1993) e fazem parte de um ecossistema muito dinâmico, com fronteiras delicadas, em que tanto a estabilidade quanto a diversidade

são condicionadas, principalmente, pela própria hidrologia e pelos materiais envolvidos (NEIFF, 1997).

A canalização transforma a dinâmica natural de um curso de água, o objetivo é aumentar a capacidade do rio, o que geralmente aumenta sua velocidade e diminui seu fluxo normal. A modificação do canal nem sempre tem o efeito desejado no gerenciamento de enchentes, nesse sentido, experiências dos efeitos opostos de aumentos significativos de fluxo em eventos de enchentes têm sido relatadas (JUAN ET AL., 2020). Essa tendência é agravada em casos excepcionais de enchentes, em que um rio canalizado amplia significativamente suas planícies de inundação e pode afetar mais áreas do que antes.

Embora em Rivera, desde a retificação do curso do rio, os eventos de inundação do Cuñapirú não tenham afetado a população, isso não significa que quando um evento excepcional ocorre, não gere um impacto ainda maior do que antes. A preocupação com as mudanças climáticas, que podem gerar mudanças futuras no regime de chuvas, aumenta a preocupação. Um rio canalizado diminui sua capacidade de adaptação e aumenta a necessidade de gerar espaços verdes que servem para retardar o fluxo do escoamento da precipitação. Como a manutenção de espaços com cobertura natural tem mostrado efeitos positivos na mitigação de eventos de inundação, áreas verdes como parques, etc. também podem contribuir para o amortecimento de tais eventos (JUAN ET AL., 2020).

Atualmente, há um aumento na velocidade do fluxo através do canal (embora não haja medidas disponíveis), acúmulos de sedimentos foram temporariamente dragados e o canal ampliado, o que reduz o nível do fluxo. As interações entre um canal de rio e o lençol freático afetam a estrutura e função da planície de inundação, esse sistema hidrológico afeta os fluxos do curso d'água (BAPTISTA ET AL., 2017). Portanto, somente a manutenção permanente, para retardar a sedimentação no canal, pode ter um efeito sobre a situação, mas em épocas de inundações excepcionais provavelmente não é suficiente. Isso não aconteceu atualmente, mas bairros inteiros estão localizados nas planícies de inundação, que são afetados quando o riacho deixa seu curso normal.

Essa intervenção de canalização tem evidentemente melhorado a situação dessa população diante de pequenos eventos de enchentes por um tempo, até que os sedimentos mobilizados se acumulam e retardam o fluxo, um processo que está continuamente presente. Quanto ao aumento do risco para a população de outros bairros no caso de inundações excepcionais, ainda não foi possível verificar, devido à falta de eventos.

Os cursos d'água são sistemas dinâmicos complexos que estão permanentemente em transformação, sua formação natural desenvolve uma rede de drenagem que excede os limites do fluxo normal (ESPINOSA ET AL., 2018). A cidade de Rivera está localizada na fronteira com o Brasil, portanto, tem uma limitação especial em sua possibilidade de crescimento. Rivera junto com Santana do Livramento são definidas como uma conurbação. Essas duas cidades fronteiriças estão divididas pela Fronteira de Paz, uma realidade que torna impossível a expansão urbana de Rivera ao norte. Enquanto uma expansão urbana em direção ao oeste pode ser observada, na qual se encontram as cabeceiras do Cuñapirú, uma circunstância alarmante para o equilíbrio do sistema.

Há também a densificação para o sul, onde partes das zonas úmidas são urbanizadas, e para o leste, preenchendo áreas baixas. Esse crescimento urbano em direção ao riacho, que envolve grandes instalações como um shopping center e o novo terminal rodoviário, pode aumentar o interesse em viver nessas áreas, à medida que as centralidades da cidade são movidas para o sul. O valor da terra provavelmente aumentará, no entanto, o avanço da planta urbana nas planícies de inundação aumenta a vulnerabilidade da população que vive em áreas baixas, não adequadas para o uso habitacional.

Como consequência, as áreas de campos naturais, florestas nativas e áreas úmidas na bacia hidrográfica diminuíram. Essa é uma tendência preocupante, pois contribuem para a regulação do sistema hidrológico, aumentando o tempo de retenção de água, favorecendo a purificação da água, controlando a erosão e a exportação de nutrientes orgânicos, além de serem habitats de numerosas espécies nativas (JOHNSTON ET AL., 1990; MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005; ORÚE ET AL., 2011).

Também relacionado a esse proceso, está o papel do Cuñapirú na recarga do Aquífero Guarani. As mudanças no uso do solo na bacia hidrográfica superior, definida principalmente pelo avanço da planta urbana, geram a impermeabilização progressiva do solo e levam a uma contaminação significativa, causando uma diminuição e degradação da função de recarga nessa área. A contaminação do Cuñapirú na área urbana, principalmente devido à falta de saneamento, especialmente nas áreas mais baixas, pode afetar a recarga do aquífero potencialmente. Em geral, em eventos de enchentes, a contaminação do curso de água aumenta, devido ao novo arrastamento de materiais, o que também deveria ser um novo nível de preocupação.

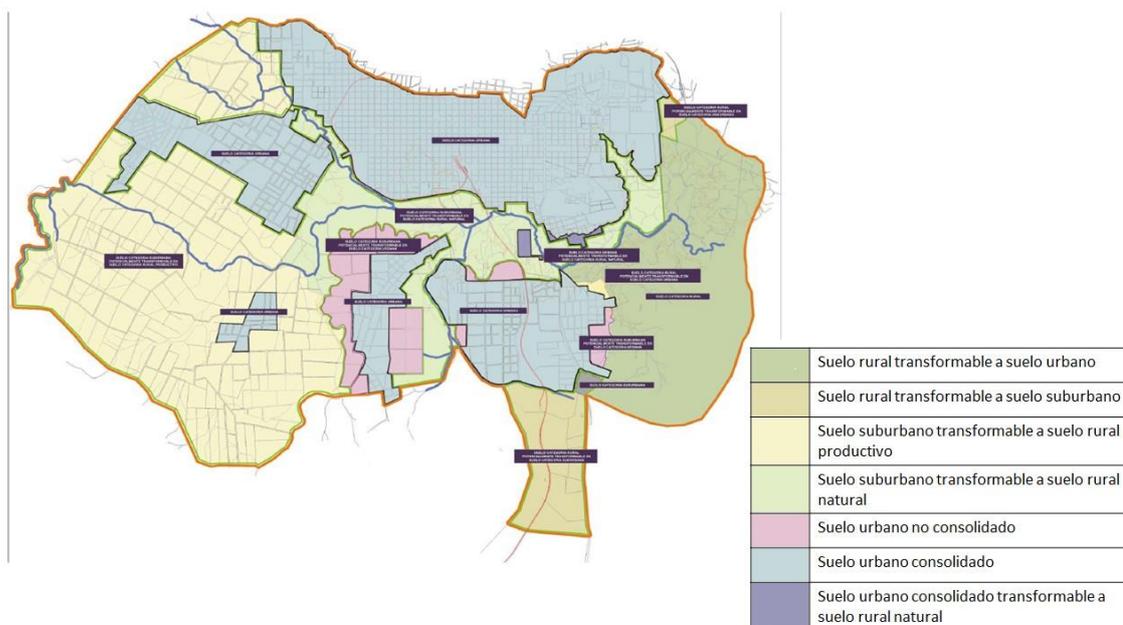
A falta de registros do nível de elevação na cidade de Rivera, mas também a proximidade das nascentes, torna difícil a análise dos eventos de enchentes na cidade. Além disso, como mostrado na análise dos dados pluviométricos em relação aos dados de eventos de inundação registrados, não é possível encontrar um valor que indique eventos de inundação como consequência direta da chuva. Esse resultado, provavelmente, está diretamente relacionado à expansão urbana, pois é a transformação mais significativa que ocorreu na bacia hidrográfica superior do Cuñapirú e afeta diretamente as zonas úmidas da área que regulam o sistema hídrico. Da mesma forma, o fato de ter havido um aumento no número de eventos de inundação registrados é uma evidência do papel da urbanização em áreas inadequadas.

É impressionante que a precipitação aumenta em geral, tais como eventos com precipitação superior a 20 mm no agosto, mas há uma ausência de eventos de inundação registrada nessa estação e, é no verão e no outono que se registra a maior parte das inundações. Também esse fato, de que os eventos de enchentes são registrados quase independentemente da quantidade de precipitação, indica a complexidade do problema e a importância da expansão urbana como uma causa possível. O enchimento das áreas úmidas e a pressão sobre os morros ribeirinhos, que pode ser observada, deve estar modificando a dinâmica da água da bacia hidrográfica, gerando importantes mudanças em seu funcionamento e, como consequência, na dinâmica do fluxo em momentos de chuvas fortes.

## 8.5. PLANO DIRETOR DE DESENVOLVIMENTO E PLANEJAMENTO TERRITORIAL

A fim de compreender melhor a situação e a projeção do planejamento urbano na cidade de Rivera em relação aos eventos de enchentes e às zonas úmidas que se desenvolvem na cidade, é analisado o Plano Diretor de Desenvolvimento e Planejamento do Uso do Solo. Em Rivera, o Plano foi aprovado em 2010. Na ocasião, foram identificados quatro desafios prioritários a fim de superar o problema das inundações na bacia hidrográfica do Cuñapirú, na cidade de Rivera, e assim garantir um comportamento ambiental sustentável em relação ao aquífero Guarani: (a) controlar e frear os processos de urbanização expansiva da mancha urbana; (b) criar uma cidade mais favorável em termos de acessibilidade da qualidade de vida urbana; (c) posicionar-se nos processos de integração regional; (d) proteger o patrimônio natural e cultural e promover uma economia local inovadora (INTENDENCIA DEPARTAMENTAL DE RIVERA, 2010). Dez anos após sua implementação, o Plano é ajustado com base em sua avaliação pela Prefeitura de Rivera.

Figura 68 - Categorização do solo Cidade de Rivera



Fonte: INTENDENCIA DEPARTAMENTAL DE RIVERA, 2010, elaboração própria.

A cidade avança em sua expansão para o sul e para o leste, já que ao norte a cidade tem a fronteira com o Brasil e, ao oeste, estão as cabeceiras do riacho Cuñapirú e a entrada de água potável (Figura 68).

Os solos rurais são encontrados ao leste da cidade de Rivera, que são potencialmente transformáveis em solos urbanos (verdes). Mais ao sul e ao extremo leste são os solos rurais potencialmente transformáveis em terras suburbanas (marrom claro). Ambas as categorias deixam clara a projeção do governo departamental sobre os solos rurais presentes na periferia da cidade. É impressionante que um processo de planejamento em uma cidade que sofre com problemas de inundação, preveja uma expansão urbana sobre áreas agrícolas sem nenhuma forma aparente de restrição sobre os entornos da drenagem, e ainda mais em uma área à jusante das cabeceiras, onde o volume de água tenderá a ser maior.

Além disso, é definida a categoria dos solos suburbanos, que é diferenciada com base em seu potencial de transformação. Por um lado, os solos suburbanos potencialmente transformam-se em solos rurais produtivos (amarelos), gerando possíveis novos solos rurais em direção ao oeste da cidade. Por outro lado, os solos suburbanos podem ser transformados em solos naturais rurais (verde claro). Essa categoria é desenvolvida ao longo do Cuñapirú tentando contemplar as áreas inundáveis, com o objetivo de evitar conflitos ambientais com a geração de um parque para limitar os processos de ocupação indiscriminada. O parque proposto inclui terrenos públicos e privados, gerando uma faixa verde ao redor do riacho Cuñapirú, mas não na área verde do mapa, onde se espera uma expansão urbana. Além disso, existem solos suburbanos com a projeção de transformação em solos urbanos no sul da cidade. Em 2020, quando o Plano é modificado, a categoria de solos suburbanos é renomeada em solos urbanos não consolidados (rosa), reafirmando seu status de urbanização avançada, que amplia a mancha urbana da cidade.

Da mesma forma, são definidos os solos urbanos consolidados (azul claro), o que implica a parte mais antiga da cidade, localizada entre a fronteira com o Brasil, o Cuñapirú e manchas urbanas ao sul do Cuñapirú. Também são identificados solos urbanos consolidados que são potencialmente transformáveis em terras naturais rurais (azul escuro). Essa última categoria envolve dois bairros localizados na planície de inundação do Cuñapirú, aos quais se espera que a população se desloque devido

à sua localização em terrenos propensos a inundações, e faria parte da faixa verde planejada como parque (INTENDENCIA DEPARTAMENTAL DE RIVERA, 2010). Esa medida de prevenção de enchentes não foi implementada até o momento e, atualmente, em vez de relocá-la, há discussões sobre sua adaptação a eventos de enchentes com obras de construção em habitações existentes (Entrevista I, 2020). Observa-se que sua localização forma, claramente, uma área em risco devido a eventos de enchentes, o que não tem sido um argumento válido para resolver sua relocalização.

É impressionante que outros bairros, que são imediatamente adjacentes ao córrego e sofreram os efeitos das inundações, não estejam incluídos nessa projeção de transformação de terras no Plano, o que levanta dúvidas sobre a inclusão de áreas de risco no planejamento urbano da cidade. O Plano 2010 não identifica claramente as áreas em risco de inundação e seus padrões a serem desenvolvidos nessas áreas. Ele propõe o desenvolvimento de Planos Especiais, tanto ambientais para a bacia hidrográfica do Cuñapirú quanto sociais para as áreas afetadas no passado por enchentes. Desde então, eles estão em desenvolvimento e ainda não foram publicados.

Atualmente, no entanto, o governo municipal de Rivera não autoriza a subdivisão ou construção em zonas de inundação, com base na Lei de 1946 sobre Centros Municipais, que proíbe a construção em terrenos abaixo de 50 cm acima do nível mais alto conhecido de inundação, um critério que também foi adotado pelo Plano. Também não autoriza novas construções em áreas úmidas ou planícies alagadas (INTENDENCIA DEPARTAMENTAL DE RIVERA, 2020). Mesmo assim, nos campos realizados nas planícies de inundação de Cuñapirú e nas imagens aéreas, pode-se ver que grandes infraestruturas comerciais foram autorizadas nas proximidades diretas do córrego, inicialmente identificadas em sua categorização no POT, como solos suburbanos potencialmente transformados em solos naturais rurais, ou seja, que não se destinavam a ser urbanizados (Figura 57).

O Plano abrange a cidade de Rivera e as áreas imediatas da área urbana, definindo o objetivo de superar o problema das inundações na bacia hidrográfica do Cuñapirú e, garantir um comportamento ambiental sustentável em relação ao aquífero Guarani. Mesmo assim, não foi possível resolver os problemas das inundações na

cidade, as intervenções nesse sentido não mudaram a causa, mas atenuaram temporariamente seus efeitos. Também nos bairros localizados em áreas propensas a inundações, a mitigação dos efeitos é prevista em sua intervenção predial sem resolver a causa que surge de sua localização. Um comportamento por parte do governo que contradiz um comportamento ambiental sustentável em relação ao aquífero, uma vez que afeta o comportamento natural da água da bacia hidrográfica.

Além disso, destaca que não há áreas de solos naturais rurais na época da geração do Plano e, quase todas as categorias de uso do solo tendem a um uso urbano no futuro. Esse fato torna evidente a abordagem urbanística que dificulta um comportamento ambiental sustentável.

## 8.6. CONSIDERAÇÕES

Na bacia hidrográfica superior do Cuñapirú, a expansão urbana é acompanhada pela canalização e desmatamento da mata ciliar. As zonas úmidas, que desempenham um papel importante na dinâmica dos eventos das enchentes, são afetadas na área urbana. Seu valor ecossistêmico, que influencia o comportamento da água e a regulação dos eventos de enchentes, não foi levado em conta no processo de desenvolvimento urbano planejado e de crescimento urbano irregular.

O avanço da planta urbana em direção à cabeceira do rio e às planícies de inundação aumenta a pressão sobre os cursos d'água e compromete as zonas úmidas. Essa realidade se reflete nas mudanças no uso do solo na bacia hidrográfica superior durante o período analisado, com destaque para o aumento da infraestrutura.

A interrelação dos dados de evacuação (SINAE) com o banco de dados de chuvas (DINAGUA) também mostra o impacto da urbanização sobre os eventos de inundação.

A falta de uma medição do nível do fluxo na cidade torna difícil estudar adequadamente o comportamento do riacho Cuñapirú em relação às chuvas, a interrelação com os evacuados permite apenas uma aproximação da magnitude da situação.

## 9. DISCUSSÃO

Esse capítulo discute os resultados obtidos ao longo da pesquisa para definir os critérios para o planejamento sustentável dos sistemas ambientais.

No Uruguai, a presença da urbanização em áreas úmidas foi apresentada em todo o território nacional. Esse processo vem se desenvolvendo desde o início da época colonial, uma realidade compartilhada com muitos países do mundo, em que canalizar, encher e drenar áreas úmidas para habitá-las tem sido uma técnica comum na Europa, bem como na América, Ásia ou África (DAVIDSON, 2014). O avanço da urbanização sobre áreas úmidas na América Latina, como argumentado por Pouchard et al. (2006), incorre em preocupações e continua sendo, atualmente, um dos fatores que mais afeta os ecossistemas. Ela afeta sua biodiversidade e, também, sua função de drenar a água da chuva e mitigar os eventos de enchentes. De acordo com Perlo (2000), os processos de urbanização geram transformações decisivas nos territórios e deterioram os ambientes naturais e seus recursos a um ritmo acelerado, tornando-se ambientes artificiais.

A criação de um registro nacional de localidades que são afetadas ou podem ser afetadas por enchentes apenas por causa de sua localização é uma contribuição no momento do planejamento estratégico territorial. Como argumentam Jaque et al. (2017), entende-se que o primeiro passo na criação de um planejamento sustentável é conhecer a localização de uma intervenção e suas condições, além de conhecer a população afetada, essencial para o desenvolvimento de sua gestão. O fato de que atualmente, no Uruguai, quase metade de todas as localidades estão localizadas parcialmente em áreas úmidas torna visível a importância do problema em nível nacional. Globalmente, observa-se que, para as zonas úmidas costeiras, atividades urbanas como os processos de urbanização têm sido a principal causa de sua degradação (LIN; YU, 2018). Mas as perdas de zonas úmidas interiores naturais têm sido consistentemente maiores, e a taxas mais rápidas, do que as das zonas úmidas costeiras naturais (DAVIDSON, 2014).

Também na China, um processo acelerado de urbanização está atualmente mostrando grandes avanços sobre áreas úmidas e, perdas significativas desses ecossistemas são observadas (LIN; YU, 2018; MAO ET AL., 2018). A nível regional,

tem sido uma questão importante no Chile, país no qual o processo de urbanização sobre áreas úmidas em algumas cidades é estudado e, observou-se que nem sempre é a falta de planejamento que causa o avanço da urbanização sobre essas áreas (POUCHARD ET AL., 2006; ROJAS ET AL., 2019). Uma realidade que também se reflete no Uruguai, pois a importância dos ecossistemas não tem sido uma prioridade no planejamento urbano. E, além disso, o avanço da urbanização sobre as áreas úmidas é uma das principais causas dos eventos de inundação nas localidades.

De acordo com processos estudados no Chile por Rojas et al. (2017), o crescimento urbano não levou em conta o espaço que os rios precisam para armazenar temporariamente os fluxos durante as enchentes. Os processos de eventos de enchentes são naturais e as sociedades têm ocupado espaços que não são adequados para fins habitacionais. Como Hardoy e Pandiella (2009) argumentam que, pode-se observar, em muitas cidades da América Latina, que o processo de desenvolvimento da cidade foi acelerado sem um planejamento adequado, o que levou à ocupação de espaços mais vulneráveis aos processos naturais, aumentando a vulnerabilidade da população local. Atualmente, como argumentam Rojas et al. (2017), os esforços globais estão na implementação de infraestruturas de controle de inundação, tais como diques, barragens e canalização, mas apesar desses esforços, as cidades modernas continuam vulneráveis ao risco de inundação.

Também no Uruguai, durante muito tempo, os efeitos das inundações foram resolvidos com soluções baseadas em uma concepção de engenharia, que consistia em ações como a ampliação do canal, secando as zonas úmidas das cidades para mitigar os problemas das inundações, sem levar em conta o sistema ambiental. Tratou das questões de como evacuar a população afetada, entendido como um problema logístico, sem resolver as causas do problema.

A partir dos anos 1990, essa visão de resolver um problema específico mudou e começou a se perceber que são problemas estruturais que exigem uma estratégia mais ampla de como agir. O país começou a ser projetado em outra escala, concentrando-se, por exemplo, em questões hídricas na escala da bacia hidrográfica, dividindo o país em quatro bacias hidrográficas estratégicas (ACHKAR ET AL., 2014). Uma escala que se revela importante também para questões urbanas relacionadas à água, tais como eventos de enchentes, como apresentado nesse trabalho.

Com a Lei de Planejamento Territorial e Desenvolvimento Sustentável, é criada a ferramenta de formar comitês regionais que trabalham em problemas que afetam mais de um departamento. Com a lei de água, são criadas as comissões de bacia hidrográfica que visam a formulação e execução de planos em matéria de recursos hídricos, integrados de forma equitativa e tripartida pela sociedade civil, utilizadores e governo, com grande dificuldade em seu funcionamento e sua dinâmica. O país começou a se entender a partir de uma nova escala, tentando interrelacionar as questões regionais, sua importância na estrutura e função, para resolver os problemas que se desenvolvem no território relacionados ao planejamento do uso da terra.

O problema da gestão fundiária em escala diversa se instala progressivamente na legislação nacional, mas apresenta grandes limitações para sua implementação prática nos territórios. Os três estudos de caso mostram que os departamentos fizeram progressos em suas discussões sobre planejamento urbano e, na última década, chegaram a aprovar linhas de planejamento de uso do solo. Os três estudos de caso se concentram na questão dos eventos de enchentes em seus objetivos, buscando ferramentas para o desenvolvimento urbano sustentável e uma solução para a população afetada. A retirada da população que vive em áreas baixas, frequentemente afetadas pelas inundações está prevista, bem como o desenvolvimento de parques lineares para evitar que as planícies de inundação se tornem impermeáveis.

Mesmo assim, a realocação de todas as residências em áreas baixas não foi realizada até o momento, independentemente de quanto tempo os planos estão em vigor. Em Rivera, a estratégia mudou e está sendo feito um trabalho de adaptação de moradias em áreas propensas a enchentes para mitigar seus efeitos. Os planos enfocam o desenvolvimento urbano nas localidades existentes, trabalhando em escala de bacia hidrográfica em transformações, que possam favorecer eventos de enchentes na localidade. Como esse estudo demonstrou, é importante ter uma escala mais ampla para entender os fenômenos naturais que ocorrem nas áreas urbanas.

A ocupação urbana em áreas úmidas no Uruguai é observada em diferentes lugares do país gerando regiões mais afetadas, conforme desenvolvidas na análise de padrões espaciais. Observa-se que não há uma área específica na qual se desenvolvem localidades de zonas úmidas, nas quais ocorrem eventos de enchentes,

mas certas regiões são mais afetadas. Essa situação se reflete na distribuição da população, localizada principalmente no sul do país, na região costeira.

Um zoneamento de intensificação agrícola também é encontrado em nível nacional, no qual estão localizadas regiões agroeconômicas (DOMINGUEZ ET AL., 2018). Comparando as diferentes regiões propostas pelos autores, uma regionalização semelhante à da intensificação do uso do solo rural reflete nas regiões de alto risco das áreas urbanas em áreas úmidas. Encontradas na costa oeste, seguida pelo sul e leste, bem como uma mancha no norte. Além disso, está presente uma intensificação produtiva, principalmente no centro do país, no oeste, bem como remendos são também refletidos no leste e norte, duas das bacias hidrográficas estudadas, a bacia do rio San José e a bacia do rio Yí, coincidem com as regiões de intensificação agrária do país (DOMINGUEZ ET AL., 2018). Essa circunstância, da presença de espaços urbanos e intensificação agrícola, aumenta a pressão sobre os ecossistemas atuais.

Portanto, as zonas úmidas em muitos casos, enfrentam várias ameaças ao mesmo tempo, a intensificação agrícola *in loco* e/ou na proximidade direta, assim como os espaços urbanos que se desenvolvem nesses territórios. A alteração e deterioração dos ecossistemas nas bacias hidrográficas afetam o ciclo hidrológico e, uma das consequências é o aumento dos eventos de inundação.

Presume-se que, no Uruguai, as áreas urbanas se desenvolveram em planícies alagadas devido à falta de um planejamento territorial adequado. Essa situação é agravada pela mudança ambiental global, que se caracteriza por modificações irreversíveis dos processos e estruturas ambientais, explorando a natureza e destruindo ecossistemas para a mercantilização da vida, o que leva à crescente desigualdade (ROMERO, 2006). Também são gerados processos que, provavelmente, aumentarão as condições climáticas extremas e a frequência de eventos de enchentes.

O aumento da precipitação detectado nos estudos de caso também confirma a tendência prevista de intensificação das chuvas, devido à mudança climática para a região (DIAZ; HURLBERT, 2014). Brazeiro et al. (2020) apresentam previsão de aumento da intensificação agrícola no país, o que leva a mudanças ambientais

significativas, gerando assim, uma situação de maior vulnerabilidade da população urbana. Como argumentam Delgado et al. (2020), a variabilidade climática e as mudanças no uso do solo são dois fatores críticos para a alteração hidrológica das bacias hidrográficas.

Essa tendência já é mostrada nos estudos de caso, nos quais se observa um aumento nos eventos de precipitação em geral, nas chuvas fortes e nos eventos de alto fluxo. Nas três cidades, San José de Mayo, Durazno e Rivera, o aumento da tendência de precipitação no inverno é observado. As precipitações superiores a 20 mm em San José de Mayo, assim como em Durazno, apresentam um aumento na tendência também nessa estação. Na cidade de Rivera, esse aumento não é apresentado por estação, mas no mês de agosto, o que indica um aumento na mesma época do ano. A tendência de aumento das precipitações também é relatada na série de precipitações da região, pois elas mostram um aumento tanto para o Uruguai ocidental (BIDEGAIN ET AL., 2012) quanto para a Bacia hidrográfica do Prata (BIEDEGAIN ET AL., 2017) e, para a região do Bioma Pampa em geral (CASTAÑO ET AL., 2007).

Em San José de Mayo e Durazno é analisado o nível do rio, focalizando os momentos de altos níveis que geram um risco para a população local. Em Rivera, esse estudo não foi possível devido à falta de uma medição de nível na bacia hidrográfica superior próxima à cidade. Um comportamento semelhante é apresentado nos níveis dos rios nas duas cidades estudadas. Em San José de Mayo, há uma tendência de elevação do nível dos rios no inverno, como em Durazno. Mesmo assim, na cidade de Durazno, mostra-se que os tempos em que o rio gera um risco para a população diminuíram, se compararmos à última década com a década anterior.

Ambas as situações estão relacionadas às chuvas, mesmo assim, em nenhum dos casos, o aumento dos níveis dos rios nas cidades pode ser explicado exclusivamente pelo aumento da precipitação. Esses dados puderam ser validados para o caso de San José, em que a tendência do aumento do nível do rio foi menor do que a forte precipitação e, a resposta do nível do rio após a chuva é mais imediata, apresentando maior magnitude de correlação na última década do que durante os períodos anteriores. Essa análise não foi possível para Durazno devido à falta de

acesso aos dados diários de chuvas na bacia hidrográfica superior, durante um período válido.

A tendência de aumento de eventos extremos no Uruguai também foi encontrada pela FAO (2013). Além disso, se observa o aumento nos níveis de vulnerabilidade da população local e nos custos de mitigação para os municípios. A partir dessas preocupações, que trazem a mudança climática, surge um maior interesse em previsões, na localização das afetações no país e na população envolvida, uma vez que se espera um aumento dos danos globalmente relacionados a eventos extremos (CONDE-ALVAREZ ET AL., 2007; GONZALEZ ET AL., 2003). O aumento das inundações é um fenômeno que também pode ser observado na região, no Chile, por exemplo, os eventos das inundações aumentaram (ROJAS ET AL., 2017), como nos estudos de caso no Uruguai.

O aumento de eventos extremos não só afeta os espaços urbanos, mas também tem implicações para todos os ecossistemas. As mudanças no regime hídrico implicam uma tendência de aumento de eventos extremos, não apenas as inundações, mas também as secas desempenham um papel importante em relação à mudança climática. No Uruguai, o efeito da mudança climática nas zonas úmidas não foi estudado até o momento, principalmente, no setor produtivo devido à importância econômica para o país.

Em outras partes do mundo foi verificado que a mudança climática é claramente um acelerador da degradação das áreas úmidas, pois tem efeitos sobre esses ecossistemas, muito sensíveis à mudança climática (ERWIN, 2008; MOYA ET AL., 2005). Por outro lado, as zonas úmidas são importantes reservatórios de carbono, com a perda desses ecossistemas são liberadas grandes quantidades de dióxido de carbono e outros gases de efeito estufa, o que, por sua vez, acelera a mudança climática. Na geração de uma estratégia para a mitigação da mudança climática, as zonas úmidas devem ter seu lugar (BERGKAMP; ORLANDO, 1999), um conhecimento pouco presente na gestão local, o que confirma mais uma vez a falta de estratégia para sua proteção.

A mudança ambiental global pode ser identificada no Uruguai, país no qual a economia se baseia em cadeias pecuárias, agrícolas e agroindustriais. A forte

presença do modelo agroexportador é acompanhada pela implementação de monoculturas, semeadura direta e o avanço da fronteira agrícola, o que leva a grandes mudanças no uso da terra. Também trouxe mudanças nos ecossistemas naturais, como as zonas úmidas, que afetam a dinâmica dos rios e os eventos de enchentes nas localidades.

Intervenções diretas, tais como a canalização na cidade de Rivera, em que o Cuñapirú foi dragado e retificado para melhorar a situação da cidade diante dos eventos de enchentes, também afetam as áreas úmidas. Essa intervenção não se estende no tempo, já podem ser observados processos iniciais de acúmulo de sedimentos, que apresentam os primeiros processos edáficos, nos quais a vegetação ribeirinha eventualmente se estabelecerá. Além disso, como argumentam Paul e Meyer (2001), a canalização de um curso d'água pode intensificar o risco para a população, uma vez que canais artificiais podem aumentar a densidade geral de drenagem, resultando em maiores ligações internas ou nós, que contribuem para maiores velocidades de inundação.

A observação e análise da dinâmica do rio mostram acúmulos de sedimentos nos três estudos de caso em nível das cidades, que em algumas áreas formaram solos cobertos de vegetação. Tanto no rio San José quanto no rio Yí, esses processos são avançados, razão pela qual são encontrados entre arbustos e árvores de aproximadamente 2 m de altura. Esse processo de dinâmica fluvial formou ilhas ou penínsulas com vegetação que influenciam o fluxo do leito do rio e, também, em tempos de cheia pode provocar alterações em sua dinâmica.

No rio San José, próximo à cidade de San José de Mayo, observa-se um maior avanço dos processos edáficos em seu canal, apresentando áreas nas quais o canal diminui abruptamente devido aos sedimentos acumulados, o que facilita o avanço da vegetação. Essas dinâmicas fluviais provavelmente têm um efeito em momentos de enchentes, já que a vegetação se torna um obstáculo, mas não é a causa de eventos de enchentes.

Do ponto de vista ambiental, não só é possível focar o local onde ocorre o evento da inundação, mas é necessário abordar a pesquisa em outra escala e levar em conta o sistema ambiental no qual ela ocorre. Por essa razão, o foco está nas

bacias hidrográficas e em seus ecossistemas, ocupados por procesos de urbanização, a fim de compreender melhor as causas desses eventos. Essa análise mostra que as três bacias hidrográficas passaram por diferentes transformações na mudança do uso da terra. Um desenvolvimento diferente é identificado em cada bacia hidrográfica analisada, e a exploração das paisagens para a geração de *commodities* para exportação também é evidente, o que gera importantes modificações nos sistemas ambientais. Essas mudanças ambientais nas bacias hidrográficas afetam a população local de várias maneiras, uma delas é a inundação em áreas urbanas devido a mudanças no uso do solo.

A mudança no uso da terra também tem sido a principal causa da degradação e desaparecimento das áreas úmidas. No Uruguai, está ligada tanto às atividades de produção rural quanto ao setor turístico, pois são as paisagens mais produtivas do território, o que se torna uma das maiores ameaças às áreas úmidas em nível nacional (ACHKAR ET AL., 2016a; AECI, 2004). Também a nível global, as zonas úmidas estão em perigo permanente devido à superexploração, como declarado pela *Secretaría de la Convención de Ramsar* (2016).

A bacia hidrográfica do rio San José foi transformada em uma bacia hidrográfica quase completamente ocupada pela agricultura. A intensificação agrícola, a perda da cobertura vegetal e da atividade biológica associada, expõe o solo a processos erosivos, reduz a capacidade de infiltração e aumenta a compactação, o que gerou importantes mudanças no ciclo hidrológico.

A bacia hidrográfica do rio Yí tem uma área importante utilizada para a agricultura, mas também uma porcentagem importante da área ocupada pela florestamento. Observa-se que não há o mesmo comportamento de fluxo que na bacia hidrográfica de San José, embora na bacia hidrográfica do Yí, a superfície cultivada tenha aumentado significativamente. O aumento do nível de fluxo no inverno não é tão claro, mas há uma tendência para aumentar o nível de fluxo no período analisado em geral e nas estações outono-inverno. As principais diferenças entre a bacia hidrográfica do rio San José e a bacia hidrográfica do rio Yi são mostradas na magnitude da área cultivada na bacia hidrográfica do rio San José e na presença de florestamento na bacia hidrográfica do rio Yi.

No futuro, devido ao avanço da indústria florestal no Uruguai, as plantações de monoculturas de árvores aumentarão, fato que foi corroborado durante a visita de campo à bacia hidrográfica do Yí, com grandes áreas plantadas recentemente. O impacto que este modelo extrativo terá nas bacias hidrográficas do Uruguai poderá ser significativo, devido à mudança de pastagens para plantações florestais mono específicas, gerando importantes modificações no ciclo hidrológico (JOBÁGY ET AL., 2013; PEREZ, 2007; ZHANG ET AL., 2001).

Em nível nacional, 4,3 milhões de hectares são identificados como solos florestais prioritários (ANNUNZIATTO ET AL., 2016). Assim, está prevista a implementação de plantações florestais mono específicas, principalmente para a produção de celulose. Atualmente, existem cerca de 1 milhão de hectares de solos florestais prioritários, o que mostra a projeção de uma duplicação nesse setor produtivo (ACHKAR ET AL., 2016a).

Por outro lado, as cabeceiras da bacia hidrográfica do Cuñapirú não passaram pelo mesmo processo, já que a transformação mais significativa é o aumento dos terrenos urbanos. Destaca-se o crescimento da população de Rivera relacionado com a expansão urbana nas planícies de inundação. Da mesma forma, as três cidades registraram um aumento de grandes inundações, que afetaram a população, com base, principalmente, nas mudanças no uso do solo que ocorreram nas bacias hidrográficas, embora esse processo tenha sido bastante diferente.

Os resultados dos estudos de caso mostram que as mudanças no uso do solo são um fator que afeta o comportamento hidrológico e favorece as inundações em áreas urbanas. Portanto, limitar ou ordenar a expansão maciça de culturas ou áreas urbanas, assim como a proteção do campo natural, da mata nativa e das áreas úmidas em toda a bacia hidrográfica é importante para controlar, pelo menos parcialmente, os eventos de enchentes. O uso do solo e o planejamento do uso do solo devem ser sistemáticos e baseados nas condições relacionadas ao local, tais como a natureza do solo, o equilíbrio entre paisagem, água e o clima regional (DELGADO ET AL., 2020).

O problema das inundações está concentrado nas maiores localidades do país, que também é o local no qual a maioria das pessoas provavelmente será afetada,

devido ao seu tamanho. A implantação, permanência e expansão de localidades em áreas úmidas geram um risco para a população. De acordo com Alves et al. (2010), os processos de expansão urbana estão frequentemente localizados nessas áreas e podem gerar novas situações de vulnerabilidade socioambiental, uma vez que o local gera exposição ao risco de eventos de enchentes.

No Uruguai não é possível identificar uma estratégia nacional para resolver o problema das enchentes em áreas urbanas. Cada localidade toma suas próprias medidas, situação também evidente na presença/ausência de medidores de altura nas localidades. Por exemplo, as maiores cidades, todas capitais de departamentos, são afetadas por eventos de enchentes, mas nem todas elas têm um registro do nível de fluxo. Isso torna difícil a promoção de estratégias para gerenciar eventos de inundação.

Não só na cidade de Rivera não há dados sobre o nível do rio, mas essa é a realidade em seis das dezenove capitais departamentais (MINISTERIO DE AMBIENTE, 2020). As seis capitais departamentais que não têm medidor para o nível do rio são cidades que sofreram inundações com a necessidade de evacuações (SINAE, 2017). A ausência de medidores tem como consequência uma clara falta de possibilidade de analisar o funcionamento dos rios, alcançando um desenvolvimento urbano sustentável.

As cidades desassistidas por medidores estão localizadas tanto no norte: Rivera, Tacuarembó e Melo, como no centro/sul: Trinidad, Canelones e Minas. Parece que as capitais da costa e da costa marítima têm todas um sistema de medidores de fluxo. Isso gera uma regionalização na ausência de coleta de dados. No norte a falta de um sistema de medição é mais evidente, e depois há um remendo no centro-sul do país, com falta de medidores adequados para a vazão do rio. O controle do nível do rio seria o primeiro passo para um planejamento de uso do solo que tornaria possível avaliar os eventos de inundação e os efeitos sobre a população.

Como apresentado, no Uruguai, as localidades urbanas estão crescendo a partir das margens das urbanizações estabelecidas e vêm avançando há várias décadas nas planícies de inundação, muitas vezes como resultado de iniciativas das autoridades locais e nacionais. Essa é uma realidade que pode ser observada em

muitas cidades da América Latina (SPOSITO, 1988). No Uruguai, como em outros países, esse processo de urbanização não é novo, pois pode ser observado desde o início das colônias na América Latina. A especulação imobiliária influencia o desenvolvimento das cidades latinoamericanas e os preços da terra são diferenciados na periferia em relação ao centro (GEORGE, 1977). Como consequência, no Uruguai, parte da população enfrenta repetidos eventos de inundações.

Embora o fato de viver em áreas úmidas não signifique necessariamente que suas casas estejam inundadas, não é um critério exclusivo para ter que enfrentar eventos de inundação, pois também podem afetar as pessoas que não vivem em áreas úmidas. Mas sim, é um argumento forte, uma vez que a maioria dos solos ocupados por pântanos são baixos, então viver nessas áreas implica em mais riscos, diante dos eventos de enchentes.

A intervenção antrópica que hoje interfere em todos os sistemas ambientais pode causar mudanças no comportamento natural e gerar deslocamentos das áreas afetadas. Uma vez que, como desenvolvido por Baptista et al., (2017), o avanço da urbanização nas planícies de inundação também pode comprometer sua função hidrológica ao aumentar os processos de impermeabilização. Geralmente, aumentam os níveis de inundação durante os períodos de chuva e reduzem o fluxo mínimo durante as secas. Essas atividades são especialmente importantes nas regiões à jusante, mas também interferem com a função de toda a bacia hidrográfica e, portanto, ameaçam seus ecossistemas.

A informalidade urbana vem se desenvolvendo há muito tempo, pois o mercado imobiliário expulsa, contínua e indiretamente, parte da população devido à falta de possibilidades econômicas para acesso a áreas residenciais não inundáveis. Deslocar a população para áreas seguras demanda recursos altos para o Estado, embora seja a única opção imediata para as famílias de baixa renda nas cidades (MARTÍNEZ, 2011). O crescimento urbano tem sido acelerado nos últimos anos e, na maioria dos casos, a expansão da área urbana não é acompanhada pela expansão dos serviços básicos para a população. Um motivo de preocupação é a dificuldade na construção de sistemas de saneamento eficientes em planícies alagadas, formal e informalmente, urbanizadas. Um processo que é conhecido qualitativamente, mas não quantificado

especialmente, é distribuído com maior ou menor intensidade em todo o território uruguaio, mas que ainda não foi resolvido.

O início do planejamento urbano em nível nacional só recentemente foi estabelecido, o desenvolvimento urbano sem planejamento vem ocorrendo e se tornou uma prática comum em todo o Uruguai. A adaptação à situação de vulnerabilidade, que é demonstrada em áreas propensas a enchentes, é resolvida sem estratégia nacional e, quando ocorrem eventos de enchentes, um esforço logístico significativo é necessário. A preocupação com o planejamento e o uso sustentável do território e seus recursos não só pode ter seu lugar apenas no Uruguai, mas precisa ser entendida diante do panorama global, que tornou possível essas novas tendências, como argumenta Chabalgoity (2016).

A estratégia nacional de desenvolvimento sustentável envolve a proteção de ecossistemas como as zonas úmidas e se reflete, em certa medida, nos POT's dos departamentos, pois muitos casos, há uma tentativa de criar parques lineares ao longo dos rios urbanos e de realocar as pessoas que vivem nessas áreas. Essa nova tendência de criar espaços verdes que podem ser utilizados por toda a população tem a vantagem de evitar processos de urbanização em terrenos com baixa propensão a inundações. Também no Chile, Rojas et al. (2015) assumem que os espaços verdes nas cidades serão uma demanda crescente por parte de seus habitantes. A nível regional, tudo indica que essa é uma preocupação mais recente e, é provável que aumente o interesse, pois os efeitos serão cada vez mais visíveis.

## 10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa tese estuda, da perspectiva da Geografia Ambiental, os problemas das zonas úmidas e inundações em áreas urbanas no Uruguai. A situação dos espaços urbanos em relação a zonas úmidas e eventos de enchentes é investigada em nível nacional. No contexto nacional, as inundações tendem a ser um dos maiores impactos sociais, e como é explicado, é um problema comum em muitas localidades de todos os departamentos. O fato de tantas localidades e pessoas terem que enfrentar a possibilidade de serem afetadas por eventos de enchentes, afirma a preocupante situação de falta de planejamento histórico em relação à dinâmica ambiental dos territórios nacionais. Com base nos resultados obtidos neste trabalho, a população afetada deve ser estudada caso a caso, pois pode ser não homogênea e requerer desfechos diferentes. Os solos que são ocupados para uso habitacional em áreas propensas a inundações têm um alto grau de vulnerabilidade, já que em muitos casos são áreas úmidas, e a degradação desses ecossistemas também gera um feedback na severidade e frequência das inundações, mesmo inundando planícies médias não inundáveis.

Ao criar estratégias de proteção para zonas úmidas, é necessário levar em conta a escala da bacia hidrográfica e também os espaços urbanos, já que existem inegáveis interrelações entre espaços urbanos e zonas úmidas em todo o país. Trabalhar essa questão a partir da perspectiva da Geografia Ambiental permite tornar visíveis as interrelações entre os espaços urbanos e os ecossistemas em que se desenvolvem e, também, torna possível analisar as causas do problema nas localidades, a fim de alcançar uma gestão sustentável. Como as relações entre a sociedade e a natureza são abordadas de um ponto de vista holístico, ela oferece a possibilidade de situar o sistema ambiental das áreas úmidas como objeto de estudo.

O fato de levar em conta as zonas úmidas na análise urbana, o objeto de estudo tornar-se mais complexo, apresentando as interrelações dos diferentes componentes, passa a compreender e redefinir a relação sociedade-natureza. Na medida em que se articulam as relações entre sociedade e natureza, geram transformações em ambas as esferas. Para fazer isso, não nos concentramos apenas nos fatos, como os próprios eventos das enchentes, mas também nos processos, dinâmicas e estratégias que marcam profundamente os territórios de toda a bacia hidrográfica.

Essas são parte das causas dos problemas encontrados a nível urbano, como demonstrado no trabalho. Para a Geografia Ambiental esses estudos empíricos são uma possibilidade, o que mais uma vez reforça a necessidade de uma visão que nos permita entrelaçar a relação entre sociedade e natureza para entender e analisar a realidade, já que é complexa e se configura por múltiplas interrelações.

Três estudos de caso são examinados em profundidade, com base em uma regionalização de localidades em áreas úmidas e eventos de enchentes. Concentrando-se em três capitais de departamento, em grande parte desenvolvidas em áreas úmidas, posteriormente confrontadas com eventos de enchentes, para mostrar sua situação e a gestão desses eventos e áreas úmidas em nível urbano. Os resultados mostram que os espaços urbanos se estendem por áreas úmidas sem levar em conta os ecossistemas que eles destroem. Uma das consequências mais óbvias são os eventos de enchentes que ocorrem nas localidades e afetam a população local. Além disso, mostra-se que os processos de eventos de inundação ocorrem em todas as bacias hidrográficas, tanto na bacia alta, quanto na bacia média e baixa, mas parece que se manifesta de forma diferente de acordo com a posição da cidade na bacia hidrográfica.

Com base nesse trabalho, que desenvolve uma visão ambiental sobre o problema das inundações em localidades do Uruguai, fica evidente a necessidade de ampliar a escala de análise e trabalhar em escala de bacia hidrográfica, levando em conta seu funcionamento. As áreas úmidas, como principais reguladores do fluxo de água, e as florestas nativas, que favorecem a qualidade da rede hidrológica, devem desempenhar um papel importante na busca de soluções sustentáveis para lidar com a situação nas localidades. Poderia ser demonstrado que a dinâmica em toda a bacia hidrográfica também afeta o comportamento da água nas localidades.

Para melhorar as condições gerais da bacia hidrográfica e, especialmente, no entorno da cidade, é conveniente preservar as áreas úmidas e suas funcionalidades, pois contribuem para a regulação do sistema hidrológico, já que aumentam o tempo de retenção de água, favorecem a purificação da água, controlam a erosão e a exportação de nutrientes orgânicos, além de serem habitats de numerosas espécies nativas. A área úmida também serve como uma barreira protetora que atua para reter sedimentos e cargas de nutrientes transportados pelo escoamento superficial. Dessa

forma, ele mitiga os processos de erosão, gerando uma melhoria na qualidade da água.

O problema das inundações é complexo, tanto para a população afetada quanto para os governos competentes, pois é um problema estrutural que requer uma estratégia territorial. Uma das ferramentas que foi encontrada para tratar do assunto é o planejamento do desenvolvimento urbano, que encontrou um impulso muito importante com a aprovação da *Ley de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sustentable* em 2008. Essa lei exige a geração de planos de uso da terra departamentais, de forma a definirem o uso da terra tanto nas localidades quanto nas áreas rurais para o desenvolvimento sustentável.

Mesmo assim, essa visão ambiental não se reflete no planejamento territorial urbano. Todas as localidades, dada a magnitude do problema, deveriam incluí-la para resolver a ameaça atual de inundações, levando em conta no planejamento urbano futuro. O uso residencial das planícies aluviais não faz parte de um uso sustentável, nem a implementação de grandes infraestruturas, uma vez que elas são parte do problema. Uma solução poderia ser a implementação de parques lineares em planícies de inundação para evitar sua urbanização. Uma boa prática que pode ser observada em algumas localidades em nível nacional, em que conseguiram uma gestão positiva dos eventos de enchentes em nível urbano. Ainda assim, até hoje, o problema das enchentes em áreas urbanas não foi resolvido, nem a gestão de problemas urbanos em áreas úmidas.

Os resultados apresentam a necessidade de estratégias nacionais para a gestão de áreas úmidas e áreas urbanas propensas a enchentes. Uma visão ambiental do território encontrou seu lugar na discussão, tanto na academia como no nível de técnicos governamentais, a partir dos anos 1990. Esse é o início de uma tendência, que considera uma visão mais integral dos processos territoriais, a implementação de diferentes escalas de análise e de uma ação mais ampla. Trata-se de compreender o território nacional como um todo e desenvolver estratégias para sua gestão de forma integral.

Levar em conta o funcionamento das planícies de inundação e, especialmente, o comportamento hidrológico de toda a bacia hidrográfica para o planejamento urbano

objetivando regularizar a expansão urbana é necessário para a criação de soluções sustentáveis, mas não deve ser a única medida.

A escala da bacia hidrográfica se torna ainda mais importante diante das mudanças ambientais globais, uma vez que, como foi demonstrado nos casos estudados, as transformações na matriz produtiva apresentaram acelerados processos nas últimas décadas e, espera-se que continuem a avançar no futuro. Essa tendência é caracterizada por modificações irreversíveis dos processos e estruturas ambientais. A exploração da natureza, a destruição sistemática dos ecossistemas e a mercantilização da vida são parte da atual crise ambiental. As mudanças no uso do solo na bacia hidrográfica, baseadas no modelo de produção dominante, afetam diretamente o sistema hídrico e, portanto, também o comportamento de eventos de inundação em áreas urbanas.

Como mostram os resultados dos estudos de caso, a fim de evitar um aumento da vulnerabilidade a eventos de inundação em áreas urbanas para a população que vive nas áreas mais baixas dessas cidades, é necessário implementar mecanismos para evitar a compactação do solo e minimizar o tempo durante o qual o solo é deixado descoberto, especialmente no inverno. Esses elementos devem fazer parte da discussão sobre as inundações urbanas, pois, embora haja uma tendência para o aumento das chuvas, esse aumento por si só não explica a crescente ocorrência de inundações nas áreas urbanas analisadas.

Essa situação em conjunto com as previsões da mudança climática para a região provocam aumento na vulnerabilidade, tanto das zonas úmidas quanto a população local. Como os eventos extremos apresentam previsão de aumento, é provável que os eventos de enchentes se intensifiquem e as funções do ecossistema das áreas úmidas diminuam. A proteção contra enchentes naturais e áreas de amortecimento de cursos d'água (como as zonas úmidas) torna-se, ainda, mais importante para melhorar a situação da população local diante de eventos de enchentes.

A proteção das áreas úmidas está na sua infância em nível nacional, um inventário de áreas úmidas foi gerado para sua identificação, mas nenhum progresso foi feito em sua proteção, uma exigência da Convenção Ramsar. A proteção dos

ecossistemas não é suficiente quando aplicada apenas nas áreas dos sítios de Ramsar, mas deve ser projetada para o manejo de todas as áreas úmidas em nível nacional. Como mostrado nesse documento, as áreas urbanas não podem ser excluídas do processo, isso porque estão presentes em todo o país, sendo afetadas pela sua localização em áreas desses ecossistemas.

Embora estejam sendo feitos progressos em nível nacional na gestão do planejamento territorial, essencial para o desenvolvimento sustentável na dimensão das questões ambientais presentes, na prática há um atraso em sua implementação. As zonas úmidas também tiveram seu lugar na discussão, uma vez que foram feitos progressos na sua identificação em nível nacional. Entretanto, não foram desenvolvidas diretrizes para sua proteção.

Como demonstrado nessa pesquisa, as áreas urbanas, bem como as áreas com uso agrícola, continuam a invadir as áreas úmidas nas bacias hidrográficas estudadas. Essa é uma questão que deve ser discutida em todas as instituições governamentais departamentais, pois não só a biodiversidade e o funcionamento das áreas úmidas são afetados, mas também há setores importantes da população afetados por eventos de enchentes em todo o território uruguaio.

É necessária uma abordagem especial para a proteção e gestão de áreas urbanas em áreas úmidas, a fim de construir um planejamento sustentável. Sendo uma realidade presente em todo o país, em várias zonas úmidas e em muitas localidades, uma estratégia específica deve ser encontrada para administrar as circunstâncias como um todo. Onde os planos de ordenamento do território devem visar a integração de territórios urbanos com zonas húmidas como áreas prioritárias para preservação. Já que a atual gestão não foi capaz de apresentar soluções, o problema vem aumentando tanto nas localidades – com eventos de enchentes em vários casos – quanto nas áreas úmidas, por sua degradação cada vez mais avançada.

A necessidade de uma escala de análise de toda a bacia hidrográfica é evidente para o planejamento do uso do solo urbano e rural. Esse seria um momento importante para discutir os critérios que devem ser levados em conta para proteger as áreas úmidas, especificamente em sua interação com os territórios urbanos. Os resultados

apresentados apontam para a necessidade de uma análise ambiental à escala de uma bacia hidrográfica, para enfrentar os problemas derivados dos eventos de enchentes que se desenvolvem em espaços urbanos.

Para avançar em direção ao desenvolvimento sustentável é necessário cobrir os sistemas ambientais de forma unitária e compreender suas interrelações e variáveis, considerando que a população desempenha um papel fundamental no funcionamento desses territórios.

Esse trabalho destaca que, devido à alta presença de áreas urbanizadas em territórios de zonas úmidas em nível nacional, é necessário levar em conta as urbanizações ao gerar critérios para a proteção de zonas úmidas e um possível plano de manejo. Também é essencial levar em conta as áreas úmidas no planejamento urbano para o desenvolvimento sustentável e incluir sua proteção no planejamento urbano em nível nacional. Observa-se que é necessário pensar em projeções no nível da bacia hidrográfica, pois são sistemas nos quais todos os componentes desempenham um papel importante, tanto para a situação das zonas úmidas quanto para a gestão de eventos de enchentes.

Embora tenham sido feitos progressos na redução da distância entre as dimensões social e biofísica, assumindo que os problemas ambientais não podem ser resolvidos separando o social do biofísico, uma análise holística do sistema ambiental ainda não foi consolidada. Portanto, é necessário implementar diretrizes gerais em escala nacional, uma análise do funcionamento das bacias hidrográficas das planícies de inundação urbanas e, integrar programas específicos de manejo de áreas úmidas nos planos de uso do solo de cada localidade urbana.

## REFERÊNCIAS

- ACHKAR, M. El bioma pampa, un territorio en disputa. En: Wizniewsky, C.; Foletto, E. (Eds.) **Olhares sobre o Pampa: um territorio em disputa**, Porto Alegre: Evangraf, p.125-140, 2017.
- ACHKAR, M.; DÍAZ, I.; DOMÍNGUEZ, A.; PESCE, F. **Uruguay Naturaleza, Sociedad, Economía: Una visión desde la Geografía**. 1 ed. Montevideo: Banda Oriental, 2016a.
- ACHKAR, M. et al. **Inventario de humedales**. Proyecto Nacional de Humedales. Convenio MVOTMA-LDSGAT, Facultad de Ciencias. UdelaR, 2016b.
- ACHKAR, M.; DIAZ, I.; SOSA, B. **Proyecto Inventario Nacional de Humedales: Producto 1, Acuerdo DINAMA-LDSGAT**, Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias, UdelaR. Montevideo, 2014.
- ACHKAR, M.; DOMINGUEZ, A.; PESCE, F. **Cuencas hidrográficas del Uruguay: Situación y perspectivas ambientales y territoriales**. Programa Uruguay Sustentable. Montevideo: Redes - AT, 2013.
- ACHKAR, M.; DOMINGUEZ, A.; PESCE, F. **El pensamiento geográfico en Uruguay**. 1 ed. Montevideo: Facultad de Ciencias, 2011.
- ACHKAR, M. et al. **Áreas protegidas un desafío en el ordenamiento ambiental del territorio**. Montevideo: Facultad de Ciencias, 2010.
- ACHKAR, M.; CAYSSIALS, R.; DOMÍNGUEZ, A.; PESCE, F. **Hacia un Uruguay sustentable: gestión integrada de cuencas hidrográficas**. 1 ed. Montevideo: REDES, Amigos de la Tierra Uruguay, 2004.
- ADGER, N. Vulnerability. **Global Environmental Change** 16, p. 268–281, 2006.
- AECI (Agencia Española de Cooperación Internacional). Plan de acción de medio ambiente y desarrollo sostenible con países de América del Sur. Programa Araucaria XXI, Montevideo: Oficina Técnica de Cooperación Uruguay, 2004. Disponible em: <<http://www.uruguayeduca.edu.uy/Userfiles/P0001%5CFile%5Curuguay.pdf>>. Acceso em: 15 ago. 2017.
- AGILAN, V.; UMAMAHESH, N. El Niño Southern Oscillation cycle indicator for modeling extreme rainfall intensity over India. **Ecological Indicators**, vol. 84, jan. 2018, p. 450-458, 2018.

ALAOUI, A.; ROGGER, M.; PETH, S.; BLÖSCHL, G. Does soil compaction increase floods? A review. **Journal of hydrology**, 557, p. 631-642, 2018.

ALFONSO MARTINEZ, A.; MATEO RODRIGUEZ, J. Clasificación de humedales con enfoque de paisajes y su aplicación en el caso de la Provincia de Matanzas (Cuba). **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros – Seção Três Lagoas/MS**, nº 22, Año 12, p.27-57, 2015.

ALCÁNTARA-AYALA, I. Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries. **Geomorphology** vol. 47, Issue 2-4, p. 107–124, 2002.

ALTMANN, L. **Localidades de menos de 5000 habitantes**: Evolución de datos censales y protagonismo en el Sistema Urbano Nacional. Trabajo Monográfico final. ITU- FARQ, Universidad de la República, 2013. Disponível em: <<http://www.otu.opp.gub.uy/sites/default/files/docsBiblioteca/Localidades%20de%20menos%20de%205000%20habitantes%20en%20UY.pdf>>. Acesso em: 24 jul. 2018.

ALVAREZ-GARRETON, C. et al. The Impacts of Native Forests and Forest Plantations on Water Supply in Chile. **Forests**, 10, 473, 2019.

ÁLVAREZ-RIVADULLA, M. J. Golden ghettos: gated communities and class residential segregation in Montevideo, Uruguay. **Environment and Planning A**, vol. 39, p.47-63, 2007.

ALVARIÑO, S. et al. Caracterización de la variabilidad espacial y temporal de la evapotranspiración de referencia (ET<sub>0</sub>) en Uruguay. Em: **Alternativas tecnológicas para el sector arrocero en un escenario desafiante**. Serie Técnica 246. Montevideo: INIA, 2018.

ALVES, H. et al. Dinâmicas de urbanização na hiperperiferia da metrópole de São Paulo: análise dos processos de expansão urbana e das situações de vulnerabilidade socioambiental em escala intraurbana. **R. bras. Est. Pop.**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 1, p. 141-159, jan./jun. 2010.

ALVES, H. Vulnerabilidade socioambiental na metrópole paulistana: uma análise sociodemográfica das situações de sobreposição espacial de problemas e riscos sociais e ambientais. **Revista Brasileira de Estudos de População**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 43- 59, jan./jun. 2006.

ANNUNZIATTO, W.; PETRAGLIA, C.; TOMMASINO, H. Los suelos de prioridad forestal y su productividad. Em: **Análisis sectorial y cadenas productivas Temas de política Estudios**. Montevideo: MGAP, OPYPA, 2016.

ANSELIN, L. Computing environments for spatial data analysis. **Journal of Geographical Systems** 2, p. 201-225, 2000.

ARAGÓN-DURAND, F. **Inundaciones en zonas urbanas de cuencas en América Latina**. Lima: Soluciones prácticas, 2014.

ARZALUZ, S. La utilización del estudio de caso en el análisis local. **Región y sociedad** vol. 17 no. 32 Hermosillo ene./abr. 2005. Disponible em: <[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-39252005000100004&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-39252005000100004&script=sci_arttext&tlng=en)>. Acceso em: 05 mar. 2019.

AUYERO, J.; SWISTUN, D. **Inflamable, estudio del sufrimiento ambiental**. Buenos Aires: Paidós, 2008.

BABINGER, F. La creciente importancia medioambiental de los humedales a modo de recesión bibliográfica. **Observatorio Medioambiental**, vol. 5, p. 333-347, 2002.

BAPTISTA, M. et al. Impacto of Urbanization on the Hydrodynamics of a Water Table in a Floodplain with High Potential for Renaturation. **Water Resource Management** 31, p. 4091-4102, 2017.

BARACCHINI, H.; ALTEZOR, C. **Historia del Ordenamiento Territorial en el Uruguay**: República liberal del siglo XIX (1830-1903) y sus antecedentes coloniales, Montevideo: Trilce, 2008.

BARRETO, P.; DOGLIOTTI, S.; PERDOMO, C. Surface Water Quality of Intensive Farming Areas Within the Santa Lucia River Basin of Uruguay. **Air, Soil and Water Research**, vol. 10, 2017. Disponible em: <<https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1178622117715446>>. Acceso em: 20 maio 2019.

BENAVIDES, IF. et al. The variation of infiltration rates and physical-chemical soil properties across a land cover and land use gradient in a Páramo of southwestern Colombia. **Jornal of Soil and Water Conservation**, v. 73, n. 4, p. 400-410, 2018.

BERBERY, E.; BARROS, V. The hydrologic cycle of the La Plata basin in South America. **Journal of Hydrometeorology**, v. 3, n. 6, p. 630-645, 2002.

BERGKAMP, G.; ORLANDO, B. Los humedales y el cambio climático Examen de la colaboración entre la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán 1971) y la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, 1999. Disponible em: <https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/dn1999-9papers.pdf>. Acceso em: 29 mar. 2021.

BERVEJILLO, F. El ordenamiento en los nuevos escenarios de desarrollo. Un debate necesario. Em: **Territorio: Apuestas al Futuro**. Montevideo: MVOTMA, p. 6-15, 1994.

BETOLLI, ML., et al. Pastura natural de salto (Uruguay): relación con la variabilidad climática y análisis de contextos futuros de cambio climático. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 2, p. 248-259, jun. 2010.

BHADURI, B. et al. Long-Term Hydrologic impact of urbanization: A tale of two models. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v. 127, n. 1, ene./feb. 2001, p.13-19, 2001.

BIDEGAIN, M. et al. Tendencias recientes de las precipitaciones e impactos asociados con ENSO en la cuenca del Río de la Plata. **Paraquaria Natural**, v. 5, n. 2, p. 8-18, 2017.

BIDEGAIN, M. et al. **Clima de cambios: nuevos desafíos de adaptación en Uruguay** (Vol 1. Variabilidad climática de importancia para el sector productivo). Montevideo: FAO, MGAP, 2012. Disponible em: <<http://www.fao.org/docrep/field/009/as253s/as253s.pdf>>. Acceso em: 13 fev. 2020.

BIRKMANN, J. et al. **Planungs- und Steuerungsinstrumente zum Umgang mit dem Klimawandel**. Diskussionspapier 8, Berlin: Berlin – Brandenburgische Akademie der Wissenschaft, 2010.

BLANCO- WELLS, G. et al. Introducción. Cambio ambiental global y políticas ambientales en América Latina. In: Griselda Günther y Ricardo A. Gutiérrez. **La política del ambiente en América Latina: una aproximación desde el cambio ambiental global**. México: CLACSO y Universidad Autónoma Metropolitana, 2017, p. 15-36.

BOCCO, G.; URQUIJO, P. 2013 Geografía ambiental: reflexiones teóricas y práctica institucional. **Región y sociedad**, n. 56, p. 75-101, 2013.

BOMBASSARO, M.; ROBAINA, L. Contribuição Geográfica para o Estudo das Inundações na Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas, RS. **Belo Horizonte** v. 6, n. 2, p. 69-86 jul.- dez. 2010.

BRAZEIRO, A. et al. Agricultural expansion in Uruguayan grasslands and priority áreas for vertebrate and woody plant conservation. **Ecology and Society**, v. 25, n. 1, 15, 2020.

CAMILLONI, I.; BARROS, V. The Parana river response to El Nino 1982–83 and 1997–98 events. **Journal of Hydrometeorology**, v. 1, n. 5, p. 412-430, 2000.

CAORSI, M.L. et al. Variación de la precipitación y la ocurrencia de sequías en la cuenca lechera del SW del Uruguay en el período 1939-2011. **Agrociencia Uruguay**, v. 22, n. 1, p. 116-123, 2018.

CAPEL, H. Una Geografía para el siglo XXI. **Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales**. Universidad de Barcelona, n. 19, 15 de abr.1998.

CARTAYA, S. ¿Las geografías o la geografía? **Tiempo y Espacio**, v. 62, p. 203-219, jul.-dez. 2014.

CASTAÑO, J. et al. Evolución del clima observado durante el período 1931-2000 en la región sureste de América del Sur, 2007. Disponible em: <[http://www.inia.org.uy/disciplinas/agroclima/publicaciones/ambiente/se\\_a\\_s\\_2007.pdf](http://www.inia.org.uy/disciplinas/agroclima/publicaciones/ambiente/se_a_s_2007.pdf)> Acceso em: 24 fev. 2020.

CASTELLE, A. J.; JOHNSON, A. W.; CONOLLY, C. Wetland and stream buffer size requirements— a review. **Journal of Environmental Quality**, v. 23, n. 5, p. 878-882, 1994.

CELEMIN, J. P. Autocorrelación espacial e indicadores locales de asociación espacial: Importancia, estructura y aplicación. **Rev. Univ. geogr.** [online]. v.18, n.1, p. 11-31. 2009. Disponible em: <[http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1852-42652009000100002&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-42652009000100002&lng=es&nrm=iso)>. Acceso em: 23 jul. 2018.

CHABALGOITY, M. **La ordenación del territorio como política pública, las áreas rurales de Montevideo en el contexto nacional**. 1.ed. Montevideo: Ediciones Universitarias, UCUR, 2018.

CHABALGOITY, M. Articulación y coordinación entre la política pública de ordenamiento territorial y el desarrollo económico y social. Montevideo: **Ateneos – 2**. Montevideo: FADU, 2016.

CHALAR, G. et al. Fish assemblage changes along a trophic gradient induced by agricultural activities (Santa Lucía, Uruguay). **Ecological Indicators** l. 24, jan. 2013, p. 582-588, 2013.

CHAMORRO, A.; SARANDÓN, S. Análisis del impacto ambiental del cambio de secuencias de cultivo en el partido de Tres Arroyos (Buenos Aires, Argentina). **Revista de la Facultad de Agronomía**, La Plata, v. 116, n. 1, p. 89-99, 2017.

CHEN, J.; HILL, A.; URBANO, L. A GIS-based model for urban flood inundation. **Jornal of Hydrology**, v. 373, p.184-192, 2009.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfología**. San Pablo: Ed. Edgard Blucher, 1980.

Climate change: A status report. **New Scientist**, [s. l.], v. 250, n. 3331, p. 38–41, 2021. Disponible em: <http://search.ebscohost.com.proxy.timbo.org.uy:2048/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=149939635&lang=es&site=eds-live>. Acceso em: 16 jul. 2021.

CLARA, M.; MANEYRO, R. Humedales del Uruguay, el ejemplo de los humedales del este. UNESCO. 1999. Disponible em: [http://www.mirador.cure.edu.uy/proyecto\\_ampliado.php?id=35](http://www.mirador.cure.edu.uy/proyecto_ampliado.php?id=35)>. Acceso em: 23 dez. 2020.

CONDE-ÁLVAREZ, C.; SALDAÑA-ZORRILLA, S. Cambio climático en América Latina y el Caribe: Impactos, vulnerabilidad y adaptación. **Revista Ambiente y Desarrollo**, Santiago de Chile, v. 23, n. 2, p. 23 – 30, 2007.

CONGEDO, L. Semi-automatic classification plugin documentation. **Release**, v. 4(0.1), n. 29, 2016.

CORBETTA, P. **La entrevista cualitativa**. Metodología y técnicas de investigación social. Madrid: Mc Graw-Hill/Interamericana de España S.A.U., 2007.

CORTAZZO, R. Los Planes. La Nación, la Identidad y la Ciudad de Montevideo. In: **De las leyes de Indias al urbanismo estratégico**: Notas sobre la influencia de Europa en el urbanismo uruguayo. Montevideo: UdelaR, 1996.

CRUZ, P. **Estado y Segregación residencial. El suelo urbano y la localización de las acciones habitacionales en Montevideo (1984-2004)**. Tesis en la Maestría en Estudios Urbanos, México D.F.: El Colegio de México, 2005.

DAVIDSON, N. 2014 How much wetland has the world lost? Long-term and recent trends in global wetland area. **Marine and Freshwater Research**, v. 65, p. 934-941, 2014.

DEFEO, O. et al. **Hacia un manejo ecosistémico de pesquerías Áreas Marinas Protegidas en Uruguay**. Montevideo: Facultad de Ciencias – DINARA, 2009.

DELGADO, M.I.; CAROL, E.; CASCO, M.A. Land-use changes in the periurban interface: Hydrologic consequences on a flatland-watershed scale. **Science of the Total Environment**, v. 722, 2020.

DELGADO RAMOS G. C; CAMPOS CHAVEZ, C.; RENTERÍA JUAREZ, P. Cambio Climático y El Metabolismo Urbano de las Megaurbes Latinoamericanas. **Chile Hábitat Sustentable**, v. 2, n. 1, p. 2-25, 2012. Disponible em:

<<http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RHS/article/view/409/372>>. Acceso em: 23 jul. 2018.

DÍAZ, J. Uso correcto de la correlación cruzada en Climatología: el caso de la presión atmosférica entre Taití y Darwin. **Terra Nueva Etapa**, v. 30, n. 47, p. 79-102, 2014.

DIAZ, B. Las primeras ciudades: ¿Cómo y por qué surgieron? In: Fernández-Galiano, R. **La ciudad**: su origen, crecimiento e impacto en el hombre. Madrid: Hermann Blume Ediciones, 1976.

DIAZ, H.; HURLBERT, M. Making Science Count: Climate Change and the Science/Practice Interface. In: Leal Filho, W. et al. **International Perspectives on Climate Change**, Latin America and Beyond. Basel: Springer, 2014, 203-215.

DINAGUA-MVOTMA (Dirección Nacional de Agua - Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente) ¿Cuántas personas y viviendas hay en áreas inundables de las ciudades prioritarias de Uruguay? 2014. Disponible em: <[https://www.dinama.gub.uy/indicadores\\_ambientales/wp-content/uploads/2016/01/MVOTMA-DINAGUA-Poblacion-en-Areas-Inundables-2014-.pdf](https://www.dinama.gub.uy/indicadores_ambientales/wp-content/uploads/2016/01/MVOTMA-DINAGUA-Poblacion-en-Areas-Inundables-2014-.pdf)>. Acceso em 14 ago. 2017.

DINAMA (Acuerdo DINAMA-LDSGAT, Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias UdelaR). **Proyecto Inventario Nacional de Humedales**. Montevideo, 2016.

DSF (Dirección de Suelos y Fertilizantes). **Carta de Reconocimiento de Suelo**. Tomo I. MGAP, 1978.

DOMINGUEZ, A. et al. Las transformaciones territoriales del espacio agrario uruguayo: nuevas regionalidades. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro, 32, p. e28973, 2018.

DUCHAUFOR, P. **Pedogenése et classification**. Paris: Ed. Masson, 1977.

EEM (Evaluación de los Ecosistemas del Milenio). **Los ecosistemas y el bienestar humano: humedales y agua**. Informe de Síntesis. Washington DC: World Resources Institute, 2005.

EQUIPO AGUAS URBANAS Y GESTIÓN DE RIESGO – ITU – FARQ – UDELAR. Caracterización de la vulnerabilidad del área afectada por las inundaciones de febrero de 2010 en la ciudad de Durazno, Convenio UdelaR – Intendencia de Durazno, 2014a. Disponible em: <[http://www.fadu.edu.uy/itu/files/2014/10/01\\_DURAZNO\\_ID.pdf](http://www.fadu.edu.uy/itu/files/2014/10/01_DURAZNO_ID.pdf)>. Acceso em 18 jul. 2018.

EQUIPO AGUAS URBANAS Y GESTIÓN DE RIESGO – ITU – FARQ – UDELAR. Impacto de las inundaciones de noviembre de 2009 en Artigas, Salto y Paysandú: Parte I Resumen ejecutivo. Convenio GGIR – UdelAR PNUD, 2014b. Disponible em: <[http://www.fadu.edu.uy/itu/files/2014/10/04\\_Artigas\\_Salto\\_Paysandu.pdf](http://www.fadu.edu.uy/itu/files/2014/10/04_Artigas_Salto_Paysandu.pdf)>. Acceso em: 20 jul. 2018.

ERWIN, K. Wetlands and global climate change: the role of wetland restoration in a changing world. **Wetlands Ecology and Management**, v. 17, p.71–84, 2008.

ESPINOSA, P. et al. When Urban Design Meets Fluvial Geomorphology: A Case Study in Chile. In: Thornbush, M.; Allen, C. **Urban Geomorphology**, Landforms and Processes en in Cities. Amsterdam: Elsevier, 2018, p. 149-174.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). **Clima de cambios, nuevos desafíos de adaptación en Uruguay**. Montevideo: FAO - MGAP, 2013.

FERNANDEZ, G. **Aplicación de un sistema de información geográfico (SIG) para la caracterización de aspectos ambientales y territoriales en la cuenca del arroyo Malvín**. Montevideo, tesis de Grado, 2001.

FERREIRA, J.; ROBAINA, L. Expansão urbana e o perigo de desastres por inundaçãõ em Rio Grande/RS. **Geografia**, v. 37, p. 445-462, 2012.

FREITAS, G. et al. An ecosystem-based composite spatial model for floodplain vulnerability assessment: a case study of Artigas, Uruguay. **GeoJournal**, p. 1-17, 2019.

FRICH, P. et al. Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century. **Climate research**, v. 19, n. 3, p. 193-212, 2002.

FUCVAM (Federación Uruguaya de Cooperativas de Vivienda por Ayuda Mutua). Situación demográfica de FUCVAM. 2017. Disponible em: <https://www.fucvam.org.uy/situacion-demografica-de-fucvam/>. Acceso em: 09 mar. 2019.

GAITÁN, J. et al. **Estimación de la pérdida de suelo por erosión hídrica en la República Argentina**. Buenos Aires: Ediciones INTA, 2017.

GALARZA, L. Tierra, trabajo y tóxicos: sobre la producción de un territorio bananero en la costa sur del Ecuador. **Estudios Atacameños: arqueología y antropología aurandinas**, n. 63, p. 341-364, 2019.

GARCÍA, P. et al. Influencia de los cambios en el uso del suelo y la precipitación sobre la dinámica hídrica de una cuenca de llanura extensa. Caso de estudio: Cuenca del Río Salado, Buenos Aires, Argentina. **Ribagua**, v. 5, n. 2, p. 92-106, 2018.

GARCÍA PRÉCHAC, F. et al. **Intensificación agrícola: oportunidades y amenazas para un país productivo y natural**. Montevideo: UdelaR, 2010.

GARCIA, A. La cuestión ambiental en la geografía del siglo XX. **Anales de Geografía de la Universidad Complutense**, n. 20, p. 101-114, 2000.

GAZZANO, I.; ACHKAR, M.; DÍAZ, I. Agricultural Transformations in the Southern Cone of Latin America: Agricultural Intensification and Decrease of the Aboveground Net Primary Production, Uruguay's Case. **Sustainability**, v. 11, n. 24, 7011, 2019.

GAZZANO, I.; ACHKAR, M. La necesidad de redefinir ambiente en el debate científico actual. **Revista Gestión y Ambiente**, v. 16, n. 3, p. 7-15, dez. 2013.

GEORGE, P. **Geografía Urbana**. Barcelona: Editorial Ariel, 1977.

GETIS A.; ORD, JK. The analysis of spatial association by use of distance statistics. **Geographical Analysis**, Ohio State University, v. 24, n.3, p. 189-206, jul. 1992.

GIDDENS, A. The politics of climate change, national responses to the challenge of global warming. Policy Network Paper, 2008. Disponible em: <[http://www.policy-network.net/uploadedfiles/publications/publications/the\\_politics\\_of\\_climate\\_change\\_anthony\\_giddens.pdf](http://www.policy-network.net/uploadedfiles/publications/publications/the_politics_of_climate_change_anthony_giddens.pdf)>. Acceso em: 12 fev. 2019.

GIMENEZ, A.; LANFRANCO, B. Adaptación al cambio climático y la variabilidad: algunas opciones de respuesta para la producción agrícola en Uruguay. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**, v. 3, n. 3, p. 611-620, jun. 2012.

GONZÁLEZ, G. La lucha organizada por la tierra, la historia de FUCVAM. In: González, G.; Nahoum, B. **Los sin tierra urbanos, causas, propuestas y luchas populares**. Montevideo: Trilce, 2011.

GONZALEZ, M. et al. Cambio Climático mundial: origen y consecuencias. **Ciencias UNAL**, Nuevo León, v. VI, n. 3, jul.- sep. 2003, p. 377-385, 2003. Disponible em: <[http://eprints.uanl.mx/1287/1/cambio\\_climatico.pdf](http://eprints.uanl.mx/1287/1/cambio_climatico.pdf)>. Acceso em: 25 maio 2018.

GUTIÉRREZ ELORZA, M. **Geomorfología**. Madrid: Ed. Pearson, 2008

HAESBAERT, R. "Dos Múltiplos Territórios à Multiterritorialidade". In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE MÚLTIPLAS TERRITORIALIDADES, 1, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: [s.n.] 2004.

HAGHNAZARI, F.; SHAHGHOLI, H.; FEIZI, M. Factors affecting the infiltration of agricultural soils. **Jornal of Agronomy and Agricultural Research**, v. 6, n. 5, p. 21-35, 2015.

HAMZA, M.; ANDERSON, W. Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. **Soil and tillage research**, v. 82, n. 2, p. 121-145, 2005.

HARDOY, J.; PANDIELLA, G. Urban poverty and vulnerability to climate change in Latin America. **Environment & Urbanization**, v. 21, n. 1, p. 203–224, 2009.

HARDOY, J.; PANDIELLA, G. Cambio climático Vulnerabilidad y adaptación en ciudades de América Latina. In: **Medio Ambiente y Urbanización**, Cambio climático, vulnerabilidad y adaptación en ciudades de América Latina. N. 67. Buenos Aires, 2007.

HAREAU, A.; HOFSTADTER, R.; SAIZAR, A. Vulnerability to climate change in Uruguay: potencial impacts on the agriculture and coastal resource sectors and response capabilities. **Climate Research**, v. 12, p. 185-193, 1999.

HAYLOCK, M. et al. Trends in total and extreme South American rainfall in 1960–2000 and links with sea surface temperature. **Journal of climate**, v. 19, n. 8, p. 1490-1512, 2006.

HILL, M.; CLÉRICI, C.; MANCASSOLA, V.; SANCHEZ, G. Estimación de pérdidas de suelo por erosión hídrica en tres diferentes sistemas de manejo hortícola del sur de Uruguay. **Agrociencia Uruguay**, vol. 15, n. 1, p. 94-101, 2015.

HIRSCH, R.; SLACK, J. A nonparametric trend test for seasonal data with serial dependence. **Water Resources Research**, v. 20, n. 6, p. 727-732, 1984.

HJULSTRÖM, F. Studies of Morphological Activity of Rivers as Illustrated by the River Fyris. Bulletin of the Geological Institute University of Uppsala, 25, p. 221-527, 1935.

HOLMAN, I. et al. The contribution of soil structural degradation to catchment flooding: a preliminary investigation of the 2000 floods in England and Wales. **Hydrology Earth System Sciences**, v. 7, p. 755–766, 2003.

HUBER, A.; IROUMÉ, A. Variability of annual rainfall partitioning for different sites and forest covers in Chile. **Journal of Hydrology**, v. 248, p. 78-92, 2001.

HUGARTE, R. **El Uruguay indígena**. Nuestra Tierra 1. Montevideo: Nuestra Tierra, 1969.

IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) **GUÍA METODOLÓGICA PARA LA ELABORACIÓN DE MAPAS DE INUNDACIÓN**. Bogotá, D.C.: IDEAM, 2017.

IDSJ/MVOTMA. **Plan Local de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible de San José de Mayo y su área de influencia**. San José de Mayo, 2018.

IDSJ/MVOTMA. **Plan Local de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible de San José de Mayo y su área de influencia** (Documento de avance). San José de Mayo: IDSJ, 2014.

INE (Instituto Nacional de Estadística) Resultados del Censo de Población 2011: población, crecimiento y estructura por sexo y edad. Montevideo: Instituto Nacional de Estadística, 2011. Disponible en: <<http://www.ine.gub.uy/censos2011/resultadosfinales/analisispais.pdf>>. Acceso en: 22 jul. 2018.

INTENDENCIA DEPARTAMENTAL DE RIVERA (IDR): **Ordenanza de ordenamiento territorial y desarrollo sostenible del Departamento de Rivera**, Rivera: IDR, 2020.

INTENDENCIA DEPARTAMENTAL DE RIVERA (IDR): **Plan Director de Desarrollo y Ordenamiento Territorial**, Rivera: IDR, 2010.

IORIS, A. Approaches and responses to climate change: Challenges for the Pantanal and Upper Paraguay River Basin. **Alternative Routes**, v. 25, p. 119-145, 2014.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). IPCC Factsheet: What is the IPCC?. 2013. Disponible en: <[https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/FS\\_what\\_ipcc.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/FS_what_ipcc.pdf)>. Acceso en: 29 jan. 19.

JAQUE, E.; LARA, A.; MERINO, C. Planificación urbana, para la gestión de riesgos. Ciudad de Coronel, región del Biobío. **Revista INVI**, v. 32, n. 90, p.107-124, 2017.

JHA, A.; BLOCH, R.; LAMOND, J. **Ciudades e Inundaciones: Guía para la Gestión Integrada del Riesgo de Inundaciones en Ciudades en el Siglo 21**. Washington: World Bank, 2012.

JOBBÁGY, E.; ACOSTA, A.; NOSETTO, M. Rendimiento hídrico en cuencas primarias bajo pastizales y plantaciones de pino de las sierras de Córdoba (Argentina). **Ecología Austral**, v. 23, p. 97-96, 2013.

JOHNSTON, C. A.; DETENBECK, N. E.; NIEMI, G. J. The cumulative effect of wetlands on stream water quality and quantity. A landscape approach. **Biogeochemistry**, v. 10, n. 2, p. 105-141, 1990.

JOHNSON, J. **Geografía Urbana**. Barcelona: Oikos-tau s.a. ediciones, 1974.

JUAN, A.; GORI, A.; SEBASTIAN, A. Comparing floodplain evolution in channelized and unchannelized urban watersheds in Houston, Texas. **Jornal of Flood Risk Management**, p. 1-19, 2020.

JUNTA DEPARTAMENTAL DE DURAZNO **DECRETO Nº 2315**, 2014.

JUNTA DEPARTAMENTAL DE SAN JOSÉ **Decreto 3185/2019**. 2019. Disponible em: [https://www.sanjose.gub.uy/wp-content/uploads/2019/07/Decreto-3185JUNTAOK\\_pdf.pdf](https://www.sanjose.gub.uy/wp-content/uploads/2019/07/Decreto-3185JUNTAOK_pdf.pdf). Acceso em: 21 oct. 2020.

KATZMAN, R.; RETAMOSO, A. Efectos de la segregación urbana sobre la educación en Montevideo. **Revista de la CEPAL**, n. 91, p. 133-152, 2007.

KATZMAN, R. Seducudis y abandonados: el aislamiento social de los pobres urbanos. 2001. Disponible em: <https://www.cepal.org/publicaciones/xml/6/19326/katzman.pdf>. Acceso em: 04 sep. 2018.

KENDALL, M. **Rank correlation methods**. London: Charles Griffin, 1975.

KRELLENBERG, K. et al. Urban vulnerability and the contribution of socio-environmental fragmentation: Theoretical and methodological pathways. **Progress in Human Geography**, v. 41, n. 4, p. 408–431, 2017.

LAL, M. et al. Climate Change and Groundwater: Impact, Adaptation and Sustainable. **International Journal of Bio-resource and Stress Management**, v. 9, n. 3, p. 408-415, 2018.

LEFF, E. La complejidad ambiental. **Polis** [En línea], 16, 2007, Publicado el 31 julio 2012. Disponible em: <https://journals.openedition.org/polis/4605>. Acceso em: 29 mar. 2021.

LEFF, E. Vetas y Vertientes de la Historia Ambiental Latinoamericana: Una nota metodológica y epistemológica. **Revista Varia Historia**, n. 33, p. 17-31, 2005.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. Numerical ecology: developments in environmental modelling. **Elsevier**, p. 63-75, 1998.

LEOPOLD, L. B. River channel change with time: an example. **Geological Society of America Bulletin**, 84, p. 1845-1860, 1973.

LEY N° 18.610. **Ley de Política Nacional de Aguas.** Publicado 28.10.2009. Disponible em: <<https://www.impo.com.uy/bases/leyes/18610-2009>>. Acceso em: 23 fev. 2021.

LEY N° 18.567. **Ley de Descentralización Política y Participación Ciudadana.** Publicado 19.10.2009. Disponible em: <<https://legislativo.parlamento.gub.uy/temporales/leytemp2553300.htm>>. Acceso em: 24 fev. 2021.

LEY N° 19.525. **Directrices Nacionales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible.** Publicado 19.09.2017. Disponible em: <<https://www.impo.com.uy/bases/leyes/19525-2017>>. Acceso em: 24 fev. 2021.

LEY N° 18.621. **Sistema Nacional de Emergencias.** Publicado 17.11.2009. Disponible em: <<https://legislativo.parlamento.gub.uy/temporales/leytemp6068583.htm>>. Acceso em: 05 mar. 2019.

LEY N° 18.308. **Ordenamiento Territorial Y Desarrollo Sostenible**, marco regulador general. Publicado 30.06.2008. Disponible em: <<https://www.fing.edu.uy/sites/default/files/Sobre%20la%20Ley%2018308.pdf>>. Acceso em: 02 fev. 2019.

LEY N° 15.939. **Ley Forestal.** Publicado 09.02.1988. Disponible em: <<https://www.impo.com.uy/bases/leyes/15939-1987>>. Acceso em: 25 fev. 2021.

LEY N° 14.219. **Ley de Arrendamientos Urbanos y Suburbanos.** Publicado 22.07.1974. Disponible em: <<https://www.impo.com.uy/bases/decretos-ley/14219-1974>>. Acceso em: 25 fev. 2021.

LEY N° 13.728. **Plan Nacional de Vivienda.** Publicado 27.12.1968. Disponible em: <<https://www.impo.com.uy/bases/leyes/13728-1968>>. Acceso em: 25 fev. 2021.

LEY N° 10.866. **Modificación de la Ley de Centros Poblados.** Publicado 25.10.1946. Disponible em: <<https://www.impo.com.uy/bases/leyes-originales/10866-1946>>. Acceso em: 25 fev. 2021.

LEY N° 10751. **Ley de Propiedad Horizontal.** Publicado 19.09.1946. Disponible em: <<https://www.impo.com.uy/bases/leyes/10751-1946>>. Acceso em: 25 fev. 2021.

LEY Nº 10.723. **Ley de Centros Poblados**. Publicado 21.04.1946. Disponible em: <<https://legislativo.parlamento.gub.uy/temporales/leytemp4284343.htm>>. Acceso em: 25 fev. 2021.

LEY Nº 9515. **Ley Orgánica Municipal**. Publicado 01.11.1935. Disponible em: <<https://www.impo.com.uy/bases/leyes/9515-1935>>. Acceso em: 22 fev. 2021.

LIN, Q.; YU, S. Losses of natural coastal wetlands by land conversion and ecological degradation in the urbanizing Chinese coast. **Scientific Report**, v. 8, 15046, 2018.

LOARCHE, G.; PIPERNO, A.; SIERRA, P. Vulnerabilidad de las áreas inundables de la ciudad de Artigas. Impacto del evento de diciembre de 2009. **Psicología, Conocimiento y Sociedad**, v. 3, p. 71-94, 2011.

LOPEZ, J. Sangre indígena en Uruguay. Memoria y ciudadanías post nacionales. **Athenea Digital**, v.18, n. 1, p.181-201, mar. 2018. Disponible em: <<https://atheneadigital.net/article/view/v18-n1-lopez>>. Acceso em: 06 mar. 2019.

LORDA, M.A. La relación sociedad-naturaleza desde la geografía y los enfoques ambientales. Reflexiones teóricas para la superación de la geografía espontánea acta Geográfica, **Boa Vista**, v. 5, n. 10, p. 7-26, jul./dez. 2011.

MANN, H. Nonparametric tests against trend. *Econometrica*. **Journal of the Econometric Society**, v. 13, n. 3, p. 245-259, 1945.

MAO, D. et al. China's wetlands loss to urban expansion. Special Issue Article John Wiley & Sons, Ltd. **Land Degrad Dev**. 29, p. 2644–2657, 2018.

MARM (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino). **Guía metodológica para el desarrollo del sistema nacional de cartografía de zonas inundables**. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2011.

MARTI I RAGUÉ, X. **Edificación sostenible**. Barcelona: Departamento de Medio Ambiente de la Generalitat de Catalunya, 2003. Disponible em: <<https://sirio.ua.es/cat/economia/edificacion.pdf>>. Acceso em: 25 maio 2018.

MARTÍNEZ, E.; DELGADO, M.; ALTMANN, L. **Sistemas urbanos nacionales: una caracterización con base en la movilidad de pasajeros**. Montevideo: MVOTMA, 2016.

MARTÍNEZ, E.; ALTMANN, L. **Entre la macrocefalia estructural y el policentrismo emergente**, Modelos de desarrollo territorial en el Uruguay (1908-2011). Montevideo: UdelaR. 2015. Disponible em: <<http://www.fadu.edu.uy/itu/files/2012/06/Entre-la>>

macrocefalia-estructural-y-el-policentrismo-emergente.pdf>. Acceso em: 06 mar. 2019.

MARTINEZ, E. **Expediente Urbano – Territorial San José, Raigón, Juan Soler, Ciudades intermedias del Uruguay**. San José de Mayo: Intendencia de San José, 2014. Disponible em: <<http://www.imsj.gub.uy/portal15/images/otyma/ANEXO%20%20%20Ciudades%20Intermedias%20del%20Uruguay.pdf>>. Acceso em: 06 mar. 2019.

MARTÍNEZ, E. Transformaciones urbanas y sus pobladores en Montevideo metropolitano. **Cuaderno urbano**, Resistencia, v. 11, n. 11, p. 150-174, jul. 2011. Disponible em: <[http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1853-36552011000200007](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-36552011000200007)>. Acceso em: 18 jul. 2018.

MARTINEZ, P. El método de estudio de caso, Estrategia metodológica de la investigación científica. **Pensamiento y Gestión**, n. 20, p. 165-193, 2006. Disponible em: <<http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/pensamiento/article/viewFile/3576/2301>>. Acceso em: 05 mar. 2019.

MARTINS, J. **Exclusão e a nova desigualdade**. São Paulo: Paulus, 1997.

MARTORELLI, H. **La sociedad urbana**. Nuestra Tierra n. 14, Montevideo, 1969.

MATEDDI, M.; BUTZKE, I. A Relação entre o social e o natural nas abordagens de hazards e de desastres. **Ambiente & Sociedade**, Ano IV, n. 9, p. 1-22, 2001. Disponible em: <<http://www.scielo.br/pdf/asoc/n9/16877.pdf>>. Acceso em: 27 maio 2019.

MATTHEWS, G. V. T. **The Ramsar Convention on Wetlands: its History and Development**. 2. ed. Le Brassus, Switzerland: Ramsar Convention Bureau, 2013.

MEA (Millennium Ecosystem Assessment) **Ecosystems and human well-being: Synthesis**, Washington DC: Island Press, 2005.

MENDONÇA, F. Geografia socioambiental. **Terra Livre**, [S. l.], v. 1, n. 16, p. 113–132, 2015. Disponible em: <<https://publicacoes.agb.org.br/index.php/terralivre/article/view/352>>. Acceso em: 8 jul. 2021.

MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca). **Guía de Siembra Directa**. Montevideo: MGAP, 2009.

MINISTERIO DE AMBIENTE. 2020. Catálogo de estaciones. Disponible em: <[https://app.mvotma.gub.uy/informacion\\_hidrica/catalogo.php](https://app.mvotma.gub.uy/informacion_hidrica/catalogo.php)>. Acceso em: 21 dez. 2020.

MINISTERIO DE GANADERÍA, AGRICULTURA Y PESCA. **Unidades de suelos Coneat**. Montevideo: MGAP, 1994.

MINISTERIO DE LA VIVIENDA. **Riesgos naturales guía metodológica para la elaboración de cartografías en España**. Madrid: Gobierno de España, 2008.

MORALES, H. et al. Local Knowledge, Agents and Models for the adaption to climatic variability of livestock farmers in Uruguay. In: **Producing and reproducing farming systems**. New modes of organisation for sustainable food systems of tomorrow: 10th European IFSA Symposium, July 1-4, 2012, Aarhus, Denmark. IFSA. Vienne: IFSA, 10 p. European IFSA Symposium. 10, Aarhus, Danemark, 1 jul. 2012/4 jul. 2012.

MORAN, P. The Interpretation of Statistical Maps. **Journal of the Royal Statistical Society**, 10, p. 243-251, 1948.

MORÓN, I. **Problemas de la colonización en Uruguay**. Montevideo: Anales de la Universidad, 1946.

MOYA, B.; HERNÁNDEZ, A.; BORREL, H. Los humedales ante el cambio climático. **Investigaciones Geográficas**, 37, p. 127-132, 2005.

MVOTMA (Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente). **Cuarta Comunicación Nacional a la Conferencia de las partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático – Uruguay**, 2016. Disponible em: <[http://euroclimaplus.org/intranet/\\_documentos/repositorio/04%20Comunicaci%C3%B3n%20Convenci%C3%B3n%20ONU%20Cambio%20Clim%C3%A1tico\\_2016.pdf](http://euroclimaplus.org/intranet/_documentos/repositorio/04%20Comunicaci%C3%B3n%20Convenci%C3%B3n%20ONU%20Cambio%20Clim%C3%A1tico_2016.pdf)>. Acceso em: 30 jan. 2019.

NAGY, G.; GÓMEZ, M.; FERNÁNDEZ, V. El aumento del nivel del mar en la costa uruguaya del Río de la Plata. Tendencias, vulnerabilidades y medidas para la adaptación. In: **Medio Ambiente y Urbanización: Cambio climático, vulnerabilidad y adaptación en ciudades de América Latina**, n. 67, Buenos Aires, 2007.

NAIMAN, R. J.; DÉCAMPS, H.; MCCLAIN, M. **Riparia Ecology, Conservation, and Management of Streamside Communities**. San Diego, California: Elsevier Academic Press, 2005.

NAVARRETE, D. et al. Multi-causal and integrated assessment of sustainability: the case of agriculturization in the Argentine Pampas. **Environment, Development and Sustainability**, v. 11, n. 3, p. 621-638, 2009.

NEIFF, J. El régimen de pulsos en ríos y grandes humedales de Sudamérica. In: Malvarez I.; P. Kandus **Tópicos sobre grandes humedales sudamericanos**. Montevideo: ORCYT-UNESCO, 1997, p. 99-149.

NOSETTO, M. et al. Higher water-table levels and flooding risk under grain vs. livestock production systems in the subhumid plains of the Pampas. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 206, p. 60-70, 2015.

OEA (Organización de los Estados Americanos). **Manual sobre el manejo de peligros naturales en la planificación para el desarrollo regional integrado**. Washington, DC: OEA. 1993. Disponible em: <<http://www.oas.org/usde/publications/Unit/oea65s/begin.htm>>. Acceso em 29 ago. 2017.

OLANO, H. et al. Wastewater discharge with phytoplankton may favor cyanobacterial development in the main drinking water supply river in Uruguay. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 191, p.146, 2019.

OLIVEIRA, F. **Os direitos do antivalor - a economia política da hegemonia imperfeita**. Petrópolis: Vozes, 1998.

OMM (Organización Meteorológica Mundial). Guía de prácticas climatológicas, 2011. Disponible em: <[http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/ccl/guide/documents/wmo\\_100\\_es.pdf](http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/ccl/guide/documents/wmo_100_es.pdf)>. Acceso em: 20 dez. 2019

ORÚE, M.; BOOMAN, G.; LATERRA P. Uso de la tierra, configuración del paisaje y el filtrado de sedimentos y nutrientes por humedales y vegetación ribereña. In: Laterra P.; Jobbágy E.; Paruelo J. **Valoración de servicios ecosistémicos: Conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial**. Buenos Aires: INTA, Balcarce, 2011, p. 237- 263.

PANARIO, D., BIDEGAIN, M. Climate change effects on grasslands in Uruguay. **Climate Research**, v. 9, p. 37-40, 1997.

PAREDES, D. **Determinación de amenazas en humedales urbanos: Estudio de tres humedales de Valdivia, Chile** Valdivia Universidad Austral de Chile, 2010. Disponible em: <<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2010/fifp227d/doc/fifp227d.pdf>>. Acceso em: 08 jan. 2019.

PAUL, M.; MEYER, J. Streams in the urban landscape. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, v. 32, p. 333-365, 2001.

PEREZ, C. **Plantaciones forestales e impactos sobre el ciclo del agua: Un análisis a partir del desarrollo de las plantaciones forestales en Uruguay**. Montevideo: Guayubira, 2007.

PÉREZ-CAMPUZANO, E.; SANTOS-CERQUERA, C. Diferenciación socioespacial en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, **Investigaciones Geográficas**, México, n. 74, p. 92-106, 2011.

PERLO, M. **Riesgo, Vulnerabilidad y Prevención de Desastres en las Grandes Ciudades**. Cambridge: Lincoln Institute Research Report, 2000. Disponible em: <[https://www.lincolninst.edu/sites/default/files/pubfiles/690\\_perlo.pdf](https://www.lincolninst.edu/sites/default/files/pubfiles/690_perlo.pdf)>. Acceso em: 11 maio 2018.

PERRACHÓN, J. Siembra directa en Uruguay; algunos mitos muy arraigados en el ámbito agropecuario. **Revista del Plan Agropecuario**, n. 139, p. 42-45, 2011.

PINTO, P.; PIÑEIRO, G. Cultivos de servicios, una alternativa para el manejo de malezas. **II Congreso Argentino de Malezas**, 2018, Rosario, Argentina.

PIÑEIRO, D.; CARDEILLAC, J. Población rural en Uruguay aportes para su reconceptualización. **Revista de Ciencias Sociales**, Montevideo, v. 27, n. 34, 2014.

PIPERNO, A.; SIERRA, P. Inundaciones en el Uruguay: aportes desde el ordenamiento territorial. Universidad de la Republica (s/f). Disponible em: <[http://www.augm-cadr.org.ar/archivos/7mo-coloquio/mesa\\_7/20080349.pdf](http://www.augm-cadr.org.ar/archivos/7mo-coloquio/mesa_7/20080349.pdf)>. Acceso em: 19 maio 2019.

PIPERNO, A.; SIERRA, P. Estrategias de intervención en áreas urbanas inundables: el caso Bella Unión, Uruguay. **EURE**, v. 39, n. 116, p. 221-241, 2013.

PIPERNO, A.; SIERRA, P.; VARELA, A. Las inundaciones urbanas en Uruguay, 2006. Disponible em: <<http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/Febrero2006/CD-2/pdf/spa/doc15616/doc15616-a.pdf>>. Acceso em: 15 dez. 2018.

PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). **Uruguay: el cambio climático aquí y ahora**. Material Complementario del Informe Mundial Sobre Desarrollo Humano 2007-2008. Montevideo: PNUD, 2007.

**Política nacional de cambio climático.** 2017. Disponible em: <[http://www.uy.undp.org/content/dam/uruguay/docs/MAYE/Pol%C3%ADtica\\_Nacional\\_de\\_Cambio\\_Clim%C3%A1tico\\_uv.pdf](http://www.uy.undp.org/content/dam/uruguay/docs/MAYE/Pol%C3%ADtica_Nacional_de_Cambio_Clim%C3%A1tico_uv.pdf)>. Acceso em: 30 jan. 2019.

POUCHARD, A. et al. Multiple effects of urbanization on the biodiversity of developing countries: the case of a fast-growing metropolitan area (Concepción, Chile), **Biological Conservation**, v. 127, n. 3, p. 272-281, 2006.

PRECIOZZI, F. et al. **Memoria explicativa de la carta geológica de San José** a escala 1:100.000. Montevideo: DINAMIGE. 2004.

RADCLIFFE, S.A. Environmentalist thinking and/in geography. **Progress in Human Geography**, v. 34, n.1, p. 98–116, 2010.

RAFFESTIN, C. **Por una geografía do poder.** São Paulo: Ática, 1993.

RAMSAR. La República Popular Democrática de Corea será la 170ª Parte Contratante en la Convención sobre los Humedales, 2018. Disponible em: <<https://www.ramsar.org/es/nuevas/la-republica-popular-democratica-de-corea-sera-la-170a-parte-contratante-en-la-convencion>>. Acceso em: 19 fev. 2019.

RAMSAR. Uruguay. 2014. Disponible em: <<http://www.ramsar.org/es/humedal/uruguay>>. Acceso em: 10 ago. 2017.

RAMSAR; MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE CHILE. Los beneficios de la restauración de humedales, 2014.

RAMSAR. Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas, 1994. Disponible em: <[https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/scan\\_certified\\_s.pdf](https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/scan_certified_s.pdf)>. Acceso em: 08 jan. 2019.

RANGEL MONTALVO, L. **Urbanismo y Humedales caso de estudio:** el humedal “la Sabana”, desarrollo urbano en la zona noroeste de Chetumal, México, 2015. Disponible em: <<http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/41340/2/RangelMontalvoLuzElena.pdf>>. Acceso em: 20 maio 2019.

REDES. **Impactos del cultivo de soja en Uruguay, cambios en el manejo de la tierra y en el uso de agroquímicos.** Montevideo: Redes, 2011.

RIAL, J.; KLACZCO, J. **Uruguay: el país urbano.** Montevideo: Ediciones de la Banda Oriental, 1981.

RIBERA, L. Los mapas de riesgo de inundaciones: representación de la vulnerabilidad y aportación de las innovaciones tecnológicas. **Documents d'Anàlisi Geogràfica**, v. 43, p. 153-171, 2004.

RICHARDS, J.; JIA, X. **Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction**. Berlin: Springer, 2006.

RIVERA, J.A. El papel de la geografía en el estudio de la relación sociedad-naturaleza. **Revista Luna Azul**, v. 23, p. 23-27, 2006.

ROBAINA, L. Espaço urbano: relação com os acidentes e desastres naturais no Brasil. **Ciência e Natura**, Santa María UFSM, v. 30, n. 2, p. 93 -105, 2008.

RODRIGUEZ, J.; ARRIAGADA, C., Segregación residencial en la ciudad latinoamericana. **Revista EURE**, Santiago de Chile, v. XXIX, n. 89, p. 5-24, 2004.

ROJAS, C. et al. Urban development versus wetland loss in a coastal Latin American city: Lessons for sustainable land use planning. **Land Use Policy**, v. 80, p. 47-56, 2019.

ROJAS, O. et al. Urban Growth and Flood Disasters in the Coastal River Basin of South-Central Chile (1943–2011). **Sustainability**, v. 9, n. 2, 195, 2017.

ROJAS, C. et al. Patrones de urbanización en la biodiversidad de humedales urbanos en Concepción metropolitana. **Revista de Geografía Norte Grande**, v. 61, p. 181-204, 2015.

ROLLÁN, AAC.; BACHMEIER, OA. Compactación y retención hídrica en Haplustoles de la provincia de Córdoba (Argentina) bajo siembra directa. **Agriscientia**, v. 31, n. 1, p. 1-10, 2014.

ROMERO, P. Cambio ambiental global: ¿nuevos desafíos a viejos problemas? **Globalización Revista web mensual de Economía, Sociedad y Cultura**, oct. 2006. Disponible em: <<http://rcci.net/globalizacion/2006/fg644.htm>>. Acceso em: 27 mar 2021.

ROMERO, G.; MASKREY, A. Como entender los desastres naturales. In: A. Maskrey **Los desastres no son naturales**. [s.n.]: Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina, 1993, p.1-7. Disponible em: <[https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/19762/Lo sDesastresNoSonNaturales\(Maskrey\\_1993\).pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/19762/Lo%20sDesastresNoSonNaturales(Maskrey_1993).pdf?sequence=1&isAllowed=y)>. Acceso em: 29 mar. 2021.

SAIZAR, A. Assessment of impacts of potencial sea-level rise in the coast of Montevideo, Uruguay. **Climate Research**, v. 9, p. 73-79, 1997.

SALCEDO, R. The last slum: Moving from illegal settlements to subsidized Home Ownership in Chile. **Urban Affairs Review**, v. 46, n. 1, p.90-118, 2010.

SANTELICES, A., ROJAS, J. Translated by: R. Stoller & L. Hernández. Introduction Climate Change in Latin America, Inequality, Conflict, and Social Movements of Adaption. **Latin American Perspectives**, issue 209, vol. 43, n. 4, p. 4-11, 2016.

SANTOS, M. **Manual de Geografía Urbana**. Sao Paulo: HUCITEC, 1981.

SARRICOLEA, P.; MESEGUER RUIZ, O.; ROMERO-ARAVENA, H. Tendencias de la precipitación en el Norte Grande de Chile y su relación con las proyecciones de cambio climático. **Diálogo andino**, n. 54, p. 41-50, 2017.

SCHELLING, T. Dynamic Models of Segregation. **Journal of Mathematical Sociology**, v. 1, p. 143-186, 1971.

SCHELOTTO, S.; ROLAND, P.; ROUX, M. **Espacios Públicos**. Nuestro tiempo. Montevideo, Uruguay: MEC, 2014.

SCHÖN, F., DOMÍNGUEZ, A., ACHKAR, M. Distribución territorial de áreas urbanas en zonas de humedales en Uruguay. **Geo UERJ**, n. 33, p. 1-25, jul./dez. 2018.

SECRETARÍA DE LA CONVENCION DE RAMSAR. **Introducción a la convención sobre los humedales**. Manual de la convención de Ramsar, 5 ed. Gland: Secretaría de la Convención de Ramsar, 2016.

SECRETARÍA DE LA CONVENCION DE RAMSAR. **Manejo de humedales**: Marcos para manejar Humedales de Importancia Internacional y otros humedales. Manuales Ramsar para el uso racional de los humedales, 4 ed., v. 18. Gland: Secretaría de la Convención de Ramsar, 2010.

SECRETARÍA DE LA CONVENCION DE RAMSAR. **Manual de la Convención de Ramsar**: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971), 4 ed. Gland: Secretaría de la Convención de Ramsar, 2006.

SILVA, M.; MIGUEL, I.; MENDOZA, D.; NAGHELY, M. Validation of meteorological series and estimation of climate change indicators in agricultural locations from Uruguay. **Revista de Climatología**, vol. 20, p. 47-60, 2020.

SILVEIRA, L. et al. Sistema de alerta temprana para previsión de avenidas en la ciudad de Durazno. **Innotec**, v. 10, p. 56-63, 2015.

SILVEIRA, L.; ALONSO, J; MARTÍNEZ L. Efecto de las plantaciones forestales sobre el recurso agua en el Uruguay. **Agrociencia**, v. X, n. 2, p.75 – 93, 2006.

SINAE (Sistema Nacional de Emergencias). **Base de Datos sobre eventos de emergencias**, Montevideo: SINAE, 2017.

SINAE (Sistema Nacional de Emergencias). Preguntas Frecuentes. 2012. Disponible em: <<http://sinae.gub.uy/faq/>>. Acceso em: 05 mar. 2019.

SJOBERG, G. **The preindustrial city**: Past and Present. Illinois: Free Press, 1965.

SOSA, B.; CANTON, V.; ACHKAR, M. Los espacios de conservación en la gestión territorial: Análisis del Parque Nacional Esteros de Farrapos e Isla del Río Uruguay. **Estudios Geográficos**, v. LXXV, n. 276, jan.- jun. 2014, p. 385-393, 2014.

SPOSITO, M.E.B. **Capitalismo e urbanização**. São Paulo: Contexto, 1988.

TERRA, J. **La vivienda**. Montevideo: Nuestra Tierra, 1970.

TORANZA, C.; BRAZEIRO, A.; MANEYRO, R. Anfibios amenazados de Uruguay: efectividad de las áreas protegidas ante el cambio climático. **Ecología Austral**, v. 26, p.138-149, 2016.

TORRES-LIMA, P.; ACOSTA-BARRADAS, R. Regional Vulnerability of Agro-Environmental Processes Facing Climate Change. Latin American Adaptation Agendas. In: Leal Filho, W. et al. **International Perspectives on Climate Change, Latin America and Beyond**. Basel: Springer, 2014.

TRENTIN, R.; ROBAINA, L.; SILVEIRA, V. Zoneamento do risco de inundação do rio vacacaí no município de São Gabriel, RS. **Geo UERJ** - Ano 15, v. 1, n. 24, p. 161-180, 2013.

TRUJILLO V. Zonificación de la amenaza de inundación urbana en el municipio de Arauca, Arauca en el marco de la revisión y ajuste de planes de ordenamiento territorial, 2014. Disponible em: <<http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/12436/1/Trabajo%20final.%20UMNG%202014.pdf>>. Acceso em: 25 maio 2019.

VALLEJOS, A. et al. Subsulado en siembra directa: efectos sobre parámetros físicos del suelo y el rendimiento de soja. **Ciencia del suelo**, v. 32, n. 2, p. 291-300, 2014.

VEIGA, D.; RIVOIR, A. L. Desigualdad social y segregación en Montevideo, Montevideo: Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de la República, 2001.

Disponível em: <<http://www.chasque.net/vecinet/desigmon.pdf>>. Acceso em: 21 dez. 2020

VELAZQUEZ, R. Los últimos años. La ciudad sin Plan. In: **De las leyes de Indias al urbanismo estratégico**: Notas sobre la influencia de Europa en el urbanismo uruguayo. Montevideo: Udelar, 1996.

VIGLIOCCO, M. A. El planeamiento territorial en la Leyes de Indias. **El Planeamiento en la Argentina**, n. 4, La Plata: Universidad Nacional de la Plata, 2008. Disponível em: <<http://blogs.unlp.edu.ar/planeamientofau/files/2013/05/Ficha-16-EL-PLANEAMINETO-TERRITORIAL-EN-LAS-LEYES-DE-INDIAS.pdf>>. Acceso em: 29 nov. 18.

VIGLIOCCO, M. A. **Urbanización y Planeamiento**. Buenos Aires: Civildad, 1995.

VIGLIONE, A. et al. Attribution of regional flood changes based on scaling fingerprints. **Water resources research**, v. 52, n. 7, p. 5322-5340, 2016.

VIGLIZZO, E. et al. Partition of some key regulating services in terrestrial ecosystems: meta-analysis and review. **Science of the Total Environment**, v. 562, p. 47-60, 2016.

WARD, R.; ROBINSON, M. **Principios de Hidrología**. Estados Unidos: Ed. Mac Graw- Hill, 2000.

WINCHELL M. et al. ArcSWAT Interface for SWAT 2012. User's Guide. Descargado del sitio web del proyecto SWAT, 2013.

WORLD RESOURCES INSTITUTE. **Evaluación de los Ecosistemas del Milenio: Los ecosistemas y el bienestar humano**: humedales y agua. Informe de síntesis, Washington DC.: World Resources Institute, 2005.

XIAO, Y.; YI, S.; TANG, Z. GIS-based multi-criteria analysis method for flood risk assessment under urbanization. In: **GEOINFORMATICS**, 24TH INTERNATIONAL CONFERENCE, Galway: IEEE Publication, 2016.

ZHANG, X. et al. Indices for monitoring changes in extremes based on daily temperature and precipitation data. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change**, v. 2, n. 6, p. 851-870, 2011.

ZHANG, L; WR DAWES; GR WALKER. Response of mean annual evapotranspiration to vegetation changes at catchment scale. **Water Resources Research**, v. 37, p. 701-708, 2001.