

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
MESTRADO EM “GESTÃO DE TERRITÓRIO”**

RAFAEL KÖENE

ANÁLISE DO PROCESSO DE INUNDAÇÃO DA CIDADE DE RIO NEGRO/PR

**PONTA GROSSA
2013**

RAFAEL KÖENE

ANÁLISE DO PROCESSO DE INUNDAÇÃO DA CIDADE DE RIO NEGRO/PR

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, curso de Mestrado em Gestão do Território da Universidade Estadual de Ponta Grossa, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof^o. Dr. Edivaldo Lopes Thomaz.

PONTA GROSSA

2013

Ficha Catalográfica
Elaborada pelo Setor de Tratamento da Informação BICEN/UEPG

K78 Köene, Rafael
 Análise do processo de inundação da
 cidade de Rio Negro/Pr/ Rafael Köene.
 Ponta Grossa, 2013.
 130f.

 Dissertação (Mestrado em Gestão do
 Território - Área de Concentração: Gestão
 do Território), Universidade Estadual de
 Ponta Grossa.

 Orientador: Prof. Dr. Edivaldo Lopes
 Thomaz.

 1.Rio Negro/PR. 2.Processo de
 Inundação. 3.Inundação Gradual. I.Thomaz,
 Edivaldo Lopes. II. Universidade Estadual
 de Ponta Grossa. Mestrado em Gestão do
 Território. III. T.

CDD: 551.483

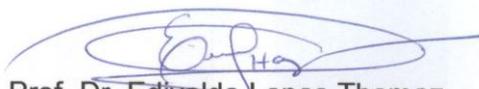
TERMO DE APROVAÇÃO

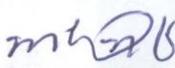
Rafael Köene

“ANÁLISE DO PROCESSO DE INUNDAÇÃO DA CIDADE DE RIO NEGRO-PR”

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Geografia – Mestrado em Gestão do Território, Setor de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela seguinte banca examinadora:

Orientador:


Prof. Dr. Edivaldo Lopes Thomaz
UNICENTRO/UEPG


Profª. Drª. Maria Ligia Cassol Pinto
UEPG


Prof. Dr. Leandro Redin Vestena
UNICENTRO

Ponta Grossa, 21 de março 2013.

AGRADECIMENTOS

A toda minha família, em especial aos meus pais, Sérgio Luiz Köene e Mariane Köene pelo suporte e incentivo na realização de mais essa etapa da vida;

Ao Professor Dr. Edivaldo Lopes Thomaz pela contribuição de seus conhecimentos, sugestões e orientações para essa Dissertação;

À família Schamne pelo apoio, com especial agradecimento a minha namorada Pâmela Janaína Schamne, pelos incentivos e longas conversas sobre a pesquisa e também a Paula Juliana Schamne pela revisão de textos e ao Felipe Mateus Schamne pelo auxílio com as cartas topográficas;

Aos colaboradores do Águas Paraná pela disponibilização de dados das séries históricas das estações fluviais e pluviométricas utilizadas nessa pesquisa e pelos esclarecimentos metodológicos durante visita ao órgão;

À Secretaria de Obras e Serviços da Prefeitura Municipal de Rio Negro/PR pela disponibilização de dados e informações relacionadas com as cartas topográficas e as inundações na cidade;

A Coordenação da Defesa Civil do Município de Rio Negro pela colaboração com informações sobre as inundações na cidade;

À Biblioteca Municipal de Rio Negro pela disponibilização do seu acervo para a consulta;

À Secretaria de Obras e Serviços da Prefeitura Municipal de Mafra/SC pela disponibilização de informações e matérias relacionados com as inundações;

A Coordenação da Defesa Civil do Município de Mafra pelas informações sobre as inundações;

À CAPES pela concessão de bolsa durante o andamento do Mestrado;

Aos Professores do Mestrado em Geografia - Gestão do Território pelos ensinamentos; e

Aos colegas do Grupo Universitário de Pesquisas Espeleológicas – GUPE pelos momentos de distração e descontração.

RESUMO

As inundações, caracterizadas pelo transbordamento das águas de um rio, geralmente são causadas pelo excesso de chuvas em uma bacia hidrográfica. Os condicionantes de uma inundação estão relacionados principalmente com relevo, clima, chuvas excepcionais, uso e ocupação da bacia hidrográfica, impermeabilização do solo entre outros. O município de Rio Negro, área de estudo dessa pesquisa, localizado na região Sudeste do Estado do Paraná, tem sua área urbana instalada junto à margem direita do médio curso do rio Negro, rio que dá nome a cidade. O rio Negro, afluente do alto rio Iguaçu, compreende uma bacia hidrográfica com mais de 9.000 km² localizada na porção leste entre os limites estaduais do Paraná e de Santa Catarina. Como consequência da localização da área urbana de Rio Negro próxima ao rio Negro, a cidade apresenta vários registros de inundação com diferentes magnitudes. O objetivo desse estudo é analisar o processo dessas inundações na cidade de Rio Negro. A pesquisa foi elaborada com base em: livros e jornais, para realizar um resgate histórico dos eventos de inundação na cidade; séries históricas de estações pluviométricas e fluviométricas; e cartas topográficas da cidade de Rio Negro em escala 1:2.000. De acordo com os dados históricos, a cidade de Rio Negro possui registro de 60 eventos de inundação desde o ano de 1888. No ano de 1891, segundo os livros e jornais, Rio Negro foi atingida por uma inundação em que o nível do rio Negro elevou-se até próximo do piso da Ponte Metálica, mesma situação registrada durante as inundações dos anos de 1983 e 1992, as maiores inundações da história recente do município, quando o rio Negro subiu pouco mais de 14 m. De todos os anos com registros de inundação na cidade de Rio Negro, 85% deles estão relacionados com anos de atuação de El Niño e La Niña na região Sul do Brasil. Dez eventos de inundação, ocorridos nos últimos 31 anos, foram analisados com maior detalhe para estabelecer alguns padrões relacionados com as chuvas e com o processo de inundação na cidade de Rio Negro. Em relação às chuvas que causam inundação em Rio Negro, elas se distribuem de maneira diferenciada pela bacia hidrográfica do alto e médio cursos do rio Negro conforme as estações do ano com chuvas prolongadas no verão e concentradas no inverno. Com a análise das vazões e médias diárias de precipitação na bacia hidrográfica do alto e médio cursos do rio Negro durante o processo de inundação, foi possível estabelecer que, em média, um acumulado de 280 mm de chuva em 15 dias é suficiente para causar uma inundação na cidade de Rio Negro. Com base nas cartas topográficas da área urbana de Rio Negro e com observações de campo, foi possível identificar que a cidade se desenvolveu sobre a planície fluvial do rio Negro fazendo com que aproximadamente 1.000 lotes urbanos e cerca de 25% da área total da cidade de Rio Negro já tenham sido atingidas pelas maiores inundações.

Palavras-chave: Rio Negro/PR, Processo de Inundação, Inundação Gradual.

ABSTRACT

Floods, characterized by the overflowing waters of a river, are usually caused by excessive rainfall in a watershed. Floods in Brazil are frequent events which usually cause major damage when they reach cities and communities. The constraints of a flood are related to several factors, such as topography, climate, exceptional rains, use and occupation of the watershed, soil sealing and more. The municipality of Rio Negro, this research study area, located in the southeastern region of the state of Paraná. The urban area of Rio Negro stays near the right bank of the middle course of Rio Negro, affluent of the middle course of Rio Iguaçu, embraces a basin with over 9,000 km² located in the eastern portion of the border between the states of Paraná and Santa Catarina. As a result of the location of the city of Rio Negro near the river, the city historically has multiple records with different flood magnitudes. The objective of this study is to analyze the process of these floods in the city. The research was based on historical data consulted, books and old newspapers; historical series of rainfall and river stations, and topographic maps of the city of Rio Negro. According to historical data, the city of Rio Negro has record flooding since 1888, three years before the occurrence of a great flood which, as books and newspapers, have reached similar dimensions to flooding in 1983 and 1992, largest ever recorded in Rio Negro reaching more than 14 meters water depth. The time series provided data on rainfall in the watershed of Rio Negro and about quotas and flows of the Rio Negro in the namesake city. Were analyzed ten flood events in greater detail within the past 31 years, to establish some standards related to the process of flooding in the city. With regard to rainfall causing flooding, most are related to years of experience of El Niño and La Niña rains and that these are distributed differently by Rio Negro basin as the seasons with prolonged rains in summer and concentrated in winter. With the analysis of flow and average daily rainfall in the basin during the period defined as flooding process, it was possible to establish that, on average, with 280 mm rain in 15 days is enough to cause a flood in the city of Rio Negro and the rise time of Rio Negro flow is 1,5 times faster than the fall time of the waters to the average flow of the river. Based on topographical maps of the urban area of Rio Negro and the field work, we found that the city grew on the fluvial plain of Rio Negro and the largest floods have reached approximately 1000 urban lots and about 25% of the total area of Rio Negro.

Keywords: Rio Negro/PR, Process Flood, Gradual Flood.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Representação do ciclo hidrológico	22
Figura 2 -	Representação da elevação das águas de um rio passando do estado normal até a situação de inundação com o transbordamento das águas	24
Figura 3 -	Modelo de uma planície fluvial e seus elementos	28
Figura 4 -	Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Negro e do município de Rio Negro	36
Figura 5 -	Número de habitantes do município de Rio Negro nos últimos 19 anos	37
Figura 6 -	Litologias da bacia hidrográfica do alto e médio cursos do rio Negro e Unidades Morfoesculturais	41
Figura 7 -	Altimetria da bacia hidrográfica do alto e médio cursos do rio Negro	44
Figura 8 -	Declividade da bacia hidrográfica do alto e médio cursos do rio Negro	45
Figura 9 -	Classes de solos da bacia hidrográfica do alto e médio cursos do rio Negro	46
Figura 10 -	Hidrografia da bacia hidrográfica do alto e médio cursos do rio Negro	48
Figura 11 -	Perfil longitudinal do alto e médio cursos do rio Negro	59
Figura 12 -	Uso da terra da bacia hidrográfica do alto e médio cursos do rio Negro. Classificação de mosaico de imagens Landsat TM 5 do ano de 2009	51
Figura 13 -	Precipitações anuais na bacia hidrográfica do rio Iguaçu com destaque para a bacia hidrográfica do rio Negro	53
Figura 14 -	Mapa de distribuição das estações pluviométricas e fluviométrica	62
Figura 15 -	Média mensal de precipitação na cidade de Rio Negro com base na série histórica da estação pluvial Rio Negro (1922-2011)	76
Figura 16 -	Ocorrência de eventos de inundação em cada mês na	

	cidade de Rio Negro entre os anos de 1930 e 2011	77
Figura 17 -	Precipitação total anual na cidade de Rio Negro nos anos com ocorrência de eventos de inundação	78
Figura 18 -	Distribuição das chuvas na bacia hidrográfica do rio Negro durante a inundação ocorrida no entre os dias 2/12/1980 e 20/2/1981	82
Figura 19 -	Distribuição das chuvas na bacia hidrográfica do rio Negro durante a inundação ocorrida entre os dias 1/12/1997 e 28/2/1998	83
Figura 20 -	Distribuição das chuvas na bacia hidrográfica do rio Negro durante a inundação ocorrida entre os 2/8 e 14/9 do ano de 1984	84
Figura 21 -	Distribuição das chuvas na bacia hidrográfica do rio Negro durante a inundação ocorrida entre os dias 2/7 e 26/7 do ano de 1999	85
Figura 22 -	Distribuição das chuvas na bacia hidrográfica do rio Negro durante a inundação ocorrida entre os dias 1/5 e 4/7 do ano de 1988	86
Figura 23 -	Distribuição das chuvas na bacia hidrográfica do rio Negro durante a inundação ocorrida entre os dias 17/5 e 23/6 do ano de 1992	87
Figura 24 -	Distribuição das chuvas na bacia hidrográfica do rio Negro durante a inundação ocorrida entre os dias 8/5 e 6/6 do ano de 2007	88
Figura 25 -	Distribuição das chuvas na bacia hidrográfica do rio Negro durante a inundação ocorrida entre os dias 21/4 e 20/6 do ano de 2010	89
Figura 26 -	Distribuição das chuvas na bacia hidrográfica do rio Negro durante a inundação ocorrida entre os dias 20/9 e 31/10 do ano de 1993	90
Figura 27 -	Distribuição das chuvas na bacia hidrográfica do rio Negro durante a inundação ocorrida entre os dias 18/7 e 5/10 do ano de 2011	91
Figura 28 -	Gráfico representando a curva-chave (cota x vazão) do rio	

	Negro na cidade de Rio. Período 1930 a 2012	92
Figura 29 -	Gráfico representando as medianas das vazões médias mensais para cada mês registradas no rio Negro na cidade de Rio Negro (1930-2011)	93
Figura 30 -	Gráfico representando a relação entre a vazão do rio Negro na cidade de Rio Negro e as médias diárias de precipitação na bacia hidrográfica do rio Negro durante o processo de inundação ocorrido no ano de 1980	95
Figura 31 -	Gráfico representando a relação entre a vazão do rio Negro na cidade de Rio Negro e as médias diárias de precipitação na bacia hidrográfica do rio Negro durante o processo de inundação ocorrido no ano de 1998	96
Figura 32 -	Gráfico representando a relação entre a vazão do rio Negro na cidade de Rio Negro e as médias diárias de precipitação na bacia hidrográfica do rio Negro durante o processo de inundação ocorrido no ano de 1984	97
Figura 33 -	Gráfico representando a relação entre a vazão do rio Negro na cidade de Rio Negro e as médias diárias de precipitação na bacia hidrográfica do rio Negro durante o processo de inundação ocorrido no ano de 1999	98
Figura 34 -	Gráfico representando a relação entre a vazão do rio Negro na cidade de Rio Negro e as médias diárias de precipitação na bacia hidrográfica do rio Negro durante o processo de inundação ocorrido no ano de 1988	99
Figura 35 -	Gráfico representando a relação entre a vazão do rio Negro na cidade de Rio Negro e as médias diárias de precipitação na bacia hidrográfica do rio Negro durante o processo de inundação ocorrido no ano de 1992	100
Figura 36 -	Gráfico representando a relação entre a vazão do rio Negro na cidade de Rio Negro e as médias diárias de precipitação na bacia hidrográfica do rio Negro durante o processo de inundação ocorrido no ano de 2007	101
Figura 37 -	Gráfico representando a relação entre a vazão do rio Negro na cidade de Rio Negro e as médias diárias de	

	precipitação na bacia hidrográfica do rio Negro durante o processo de inundação ocorrido no ano de 2010	102
Figura 38 -	Gráfico representando a relação entre a vazão do rio Negro na cidade de Rio Negro e as médias diárias de precipitação na bacia hidrográfica do rio Negro durante o processo de inundação ocorrido no ano de 1993	103
Figura 39 -	Gráfico representando a relação entre a vazão do rio Negro na cidade de Rio Negro e as médias diárias de precipitação na bacia hidrográfica do rio Negro durante o processo de inundação ocorrido no ano de 2011	104
Figura 40 -	Mapa de altimetria da cidade de Rio Negro	107
Figura 41 -	Mapa de declividade da cidade de Rio Negro	108
Figura 42 -	Perfil longitudinal do baixo curso do rio Passa Três junto à área urbana da cidade de Rio Negro	109
Figura 43 -	Perfis traçados perpendicularmente ao canal do rio Negro na área urbana de Rio Negro	110
Figura 44 -	Mapa tridimensional da cidade de Rio Negro destacando suas unidades geomorfológicas e a localização dos perfis traçados	113
Figura 45 -	Gráfico representando a altura das cotas do rio Negro durante os eventos de inundação na cidade de Rio Negro (1930-2011)	114
Figura 46 -	Mapa de áreas de inundação da cidade de Rio Negro com as respectivas classes de frequência de inundação e recorrência em anos	119

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Conceitos e características dos eventos hidrológicos	25
Quadro 2 -	Massas de ar atuantes no clima Subtropical Úmido	30
Quadro 3 -	Anos de atuação do El Niño e La Niña e suas respectivas intensidades	35
Quadro 4 -	Municípios integrantes da bacia hidrográfica do alto e médio cursos do rio Negro e seus respectivos Estados	39
Quadro 5 -	Classes de declive	44
Quadro 6 -	Descrição das características das classes de solos da bacia hidrográfica do alto e médio cursos do rio Negro	47
Quadro 7 -	Estações pluviométricas utilizadas na pesquisa	60
Quadro 8 -	Estação fluviométrica utilizada na pesquisa	61
Quadro 9 -	Estações pluviométricas e fluviométrica utilizadas na análise de vazão do rio Negro e média de precipitação na bacia hidrográfica do rio Negro durante os dez eventos de inundação selecionados	65
Quadro 10 -	Registro histórico de inundações na cidade de Rio Negro, sem medições de cota do rio Negro	74
Quadro 11 -	Data (ano e mês) e cota máxima atingida pelo rio Negro durante ocorrência de eventos de inundação na cidade de Rio Negro com base na série histórica da estação fluvial Rio Negro (1930-2011)	75
Quadro 12 -	Ocorrência de eventos de inundação em cada estação do ano na cidade de Rio Negro	77
Quadro 13 -	Relação dos anos de atuação do El Niño e La Niña e suas respectivas intensidades	79
Quadro 14 -	Eventos de inundação selecionados para análise de distribuição espacial das chuvas	80
Quadro 15 -	Eventos de inundação selecionados para análise de vazão do rio Negro na cidade de Rio Negro e média de precipitações na bacia hidrográfica do rio Negro	94
Quadro 16 -	Quadro síntese das características dos dez eventos de	

	inundação analisados	106
Quadro 17 -	Classes de frequência e tempo de recorrência de inundações na cidade de Rio Negro	114
Quadro 18 -	Classes de frequência de inundação e suas respectivas cotas do rio Negro, altitudes e magnitudes	116
Quadro 19 -	Classes de frequência á inundação e suas respectivas áreas de abrangência e números de lotes atingidos	116

LISTA DE SIGLAS

ANA	Agência Nacional das Águas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ÁGUAS PARANÁ	Instituto das Águas do Paraná
ASTER/GDEM2	<i>Advanced Spaceborn Thermal Emission and Reflection Radiometer / Global Digital Elevation Model version 2</i>
AVADAN	Avaliação de danos
CIRAM	Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
CORPRENE	Comissão Regional de Prevenção Contra as Cheias do Rio Negro
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
CRED	<i>Center of Research on the Epidemiology of Disasters</i>
DNPM	Departamento Nacional de Pesquisa Mineral
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ENOS	El Niño Oscilação Sul
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
FOM	Floresta Ombrófila Mista
HIDROWEB	Sistema de Informações Hidrológicas
IAPAR	Instituto Agrônômico do Paraná
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LANDSAT TM5	<i>Land Remote Sensing Satellite Thematic Mapper 5</i>
MAXVER	Máxima Verossimilhança
MINEROPAR	Minerais do Paraná
MNT	Modelo Numérico de Terreno
PIB	Produto Interno Bruto
PMGRH-PMRN	Plano Municipal de Gestão dos Recursos Hídricos – Prefeitura Municipal de Rio Negro

RFFSA	Rede Ferroviária Federal Sociedade Anônima
SAD 69	<i>South American Datum 1969</i>
SEMA	Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – Estado do Paraná
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
SPRING 4.3.3	Sistema de Processamento de Informação Geográfica versão 4.3.3
USGS	<i>United States Geological Survey</i>
UTM	<i>Universal Transversa de Mercator</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	OBJETIVOS	18
2.1	OBJETIVO GERAL	18
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
3.1	BACIA HIDROGRÁFICA	19
3.2	CICLO HIDROLÓGICO	21
3.3	ENCHENTES E INUNDAÇÕES	23
3.4	PROCESSO DE INUNDAÇÃO	27
3.5	CLIMA E TEMPO COMO CONDICIONANTES DAS INUNDAÇÕES	29
3.5.1	El Niño e La Niña	33
4	ÁREA DE ESTUDO	36
4.1	ASPECTOS GEOGRÁFICOS E HISTÓRICOS DO MUNICÍPIO DE RIO NEGRO	36
4.2	A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO NEGRO	39
4.2.1	Fisiografia da bacia hidrográfica do alto e médio cursos do rio Negro	40
4.2.1.1	Litologias	40
4.2.1.1.1	O Complexo Granulítico de Santa Catarina	40
4.2.1.1.2	A Bacia Sedimentar do Paraná	41
4.2.1.2	Relevo	42
4.2.1.2.1	Altimetria	43
4.2.1.2.2	Declividade	44
4.2.1.2.3	Solos	45
4.2.1.3	Hidrografia	48
4.2.1.4	Uso da Terra	49
4.2.1.5	Clima	51

5	MATERIAIS E MÉTODOS	54
5.1	FISIOGRAFIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO E MÉDIO CURSOS DO RIO NEGRO	54
5.2	LEVANTAMENTO DE DADOS HISTÓRICOS	55
5.3	IDENTIFICAÇÃO DAS INUNDAÇÕES	57
5.4	ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DAS CHUVAS DURANTE AS INUNDAÇÕES	58
5.5	ANÁLISE DA DINÂMICA DAS PRECIPITAÇÕES, VAZÕES E COTAS DO RIO NEGRO DURANTE OS EVENTOS DE INUNDAÇÃO	64
5.6	CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DA CIDADE DE RIO NEGRO	66
5.7	IDENTIFICAÇÃO DA FREQUÊNCIA E MAGNITUDE DE INUNDAÇÃO E MAPEAMENTO	68
5.7.1	Mapeamento das áreas de inundação	68
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	71
6.1	HISTÓRICO DAS INUNDAÇÕES NA CIDADE DE RIO NEGRO .	71
6.2	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DAS CHUVAS QUE CAUSAM INUNDAÇÕES	75
6.2.1	Análise da distribuição das chuvas na bacia Hidrográfica do rio Negro durante os eventos de inundação	80
6.3	ANÁLISE DA DINÂMICA DAS PRECIPITAÇÕES, VAZÕES E COTAS DO RIO NEGRO NA CIDADE DE RIO NEGRO DURANTE OS EVENTOS DE INUNDAÇÃO	91
6.4	RELEVO DA CIDADE DE RIO NEGRO E SUA RELAÇÃO COM O PROCESSO DE INUNDAÇÃO	107
6.5	FREQUÊNCIA E MAGNITUDE DE INUNDAÇÃO E SUA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL NA ÁREA URBANA DE RIO NEGRO	114

7	CONCLUSÕES	120
	REFERÊNCIAS	125

1 INTRODUÇÃO

As inundações são fenômenos de ordem natural que ocorrem por consequência do aumento de volume de água e transbordamento de um rio. As inundações são eventos de comum acontecimento no Brasil e no mundo e acabam gerando grandes impactos na sociedade fazendo vítimas e causando prejuízos.

Segundo o CRED (Center of Research on the Epidemiology of Disasters), os desastres naturais hidrológicos no ano de 2011, que incluem inundações e movimentos de massa derivados de chuvas, correspondem a 52% do total de todos os desastres naturais registrados no mundo, causando 139 milhões de vítimas, 57% do total e responsável por 20% dos mortos em todo o planeta. De acordo com o relatório do ano de 2011 do CRED (2012), o Brasil esteve entre os 10 países com maior número de registro de eventos de desastres naturais em todo o mundo. No Brasil, em 2011, foram registrados oito grandes desastres hidrológicos contabilizando 978 mortos, que colocou o Brasil no terceiro lugar em número de mortes relacionadas com desastres naturais, dos quais 900 são mortes oriundas especificamente por inundações.

Segundo Marcelino (2008), 60% dos desastres naturais registrados no Brasil entre os anos de 1900 e 2006 foram inundações.

Com base nesses números que relacionam inundações associadas com desastres naturais é possível notar que no mundo e, principalmente no Brasil, as inundações afetam um grande número de pessoas e que se faz necessário compreender a dinâmica deste fenômeno dando ênfase ao entendimento de todo o processo relacionado com as inundações para buscar soluções e alternativas que minimizem seus impactos negativos.

Na cidade de Rio Negro as inundações são problemas comuns gerando grandes transtornos a sua população, fazendo desabrigados e interferindo no cotidiano da sociedade local. O rio Negro, rio que dá nome ao município, passa junto ao centro da cidade e frequentemente costuma inundar parte da área urbana como resposta a episódios de chuvas intensas. As características das chuvas que dão origem e a dinâmica dessas inundações, ainda desconhecidas, são objeto desta pesquisa que busca compreender todo o processo de inundação na cidade de Rio Negro a fim de que os resultados deste estudo possam auxiliar na minimização dos impactos por elas causados.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar o processo de inundação na cidade de Rio Negro/PR.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar quais as características físicas das chuvas (origem, volume, duração e frequência) que causam inundação na cidade de Rio Negro com base em dados da série histórica (1930-2011) e em livros e jornais;
- Avaliar a dinâmica das precipitações, vazões e cotas do rio Negro na cidade de Rio Negro durante eventos de inundação;
- Espacializar as áreas atingidas pelas inundações na cidade de Rio Negro identificando a frequência e magnitude das inundações nessas áreas.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 BACIA HIDROGRÁFICA

A definição de bacia hidrográfica foi moldada à medida que os estudos de hidrologia foram evoluindo. Esta unidade fisiográfica sempre esteve associada à geomorfologia e à hidrologia, e também à Geografia Física em estudos de escoamento hídrico e transporte de sedimento. Atualmente a bacia hidrográfica também é utilizada como uma unidade natural de análise em pesquisas e gestão de recursos naturais.

Marçal (2009) faz uma análise histórica do desenvolvimento dos estudos hidrológicos e destaca alguns pesquisadores que contribuíram para a evolução dos estudos em bacia hidrográfica. Segundo a autora, os primeiros textos referentes ao comportamento de canais fluviais são atribuídos a Leonardo da Vinci, no século XV. No século XVII, o hidrólogo Pierre Perrault destaca-se por procurar explicações, através de observações empíricas, sobre a origem e a evolução dos canais fluviais e, em 1802, o hidrólogo John Playfair busca explicar a maneira como o fluxo das águas superficiais é capaz de formar os vales que os circundam. (MARÇAL, 2009).

A análise de bacias hidrográficas com base quantitativa inicia-se em 1945, com a publicação do trabalho de Robert E. Horton, que buscou estabelecer as leis do desenvolvimento dos rios e de suas bacias e foi ele quem introduziu a abordagem quantitativa das bacias de drenagem. (CHRISTOFOLETTI, 1980).

No ano de 1951, Arthur N. Strahler faz uma primeira definição de sistema de drenagem. Segundo ele a integração de elementos da rede de canais forma um sistema, como cita Marçal (2009, p. 188 e 189):

O autor coloca que, na busca dos canais fluviais tentarem alcançar, progressivamente, os níveis de base menores, ou seja, de conseguirem atingir os oceanos, estes começam a se organizar na forma de sistemas de drenagem, a qual se pode descrever, aproximadamente, como uma área na forma de uma “pêra”.

[...] a bacia hidrográfica se define melhor como um sistema aberto em estado constante, que difere de um sistema fechado em equilíbrio, pois o sistema aberto possui importação e exportação de componentes.

A partir desta definição feita por Strahler (1951), a Geomorfologia e a Geografia Física passaram a interpretar a bacia hidrográfica como um sistema e

uma unidade de investigação. Assim, “a bacia hidrográfica passa a corresponder a uma unidade areal e linear, na qual os dados referentes à paisagem poderiam ser coletados e interpretados.” (CHORLEY e BARRY, 1969¹ citado por MARÇAL, 2009, p. 189).

Seguindo essas observações, novas definições de bacia hidrográfica surgem, considerando a hidrografia como um sistema e capaz de ser delimitado.

Christofoletti (1980) define a bacia hidrográfica como sendo a área drenada por um determinado rio ou por um sistema fluvial. E que a drenagem fluvial é composta por um conjunto de canais de escoamento inter-relacionados.

A bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água das precipitações que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório e que se compõe basicamente de um conjunto de superfícies, vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar um leito único no exutório. (SILVEIRA, 1993).

“A bacia de drenagem é uma área da superfície terrestre que drena água, sedimentos e materiais dissolvidos para uma saída comum, num determinado ponto de um canal fluvial.” (COELHO NETTO, 2005, p. 95 e 96).

Com o passar dos anos o conceito de bacia hidrográfica é mais difundido e a bacia passa a servir como recorte espacial para outros estudos e, conseqüentemente, acaba por incorporar novos elementos e novos temas de pesquisas.

“O conceito de bacia hidrográfica alcança maior abrangência, associa-se ao seu conceito, além do elemento água, outros parâmetros ambientais importantes, tais como a rocha, o solo, a vegetação e a fauna na sua definição.” (MARÇAL, 2009, p. 189).

Segundo Botelho e Silva (2004, p. 153), a bacia hidrográfica é a célula básica de análise ambiental e possibilita conhecer e avaliar os seus componentes, processos e interações. Os mesmos autores concluem que “a visão sistêmica e integrada do ambiente está implícita na adoção desta unidade fundamental” como recorte espacial de estudo.

Atualmente a bacia hidrográfica é vista como uma unidade territorial de análise e gestão ambiental em que a água passa a ser vista como um bem natural,

¹ CHORLEY, R.; BARRY, R. G. **Water, Earth, and Man: a synthesis of hydrology, geomorphology, and socio-economic geography.** London: Methuen & Co, 1969.

um agente modelador e componente do relevo e também como um recurso natural, dotado de valor e objeto de interesses sociais, políticos e econômicos.

“A bacia hidrográfica tem sido apontada como unidade ambiental adequada para o tratamento dos componentes e da dinâmica das inter-relações concernentes ao planejamento e à gestão do desenvolvimento, especialmente no âmbito regional”. (CARVALHO, 2009, p. 201).

A incorporação da bacia hidrográfica também está sendo empregada para a gestão de recursos hídricos no âmbito do Governo Federal como forma de recorte espacial para a atuação da Política Nacional de Recursos Hídricos. O governo brasileiro criou a Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, a Lei das Águas, que em seu Fundamento V tem “a bacia hidrográfica como a unidade territorial para a implantação da Política Nacional dos Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos” (BRASIL, 1997). Com essa legislação o recurso natural água passa a ser gerenciado respeitando os limites impostos pelas bacias hidrográficas sobrepondo os limites políticos administrativos dos municípios e estados.

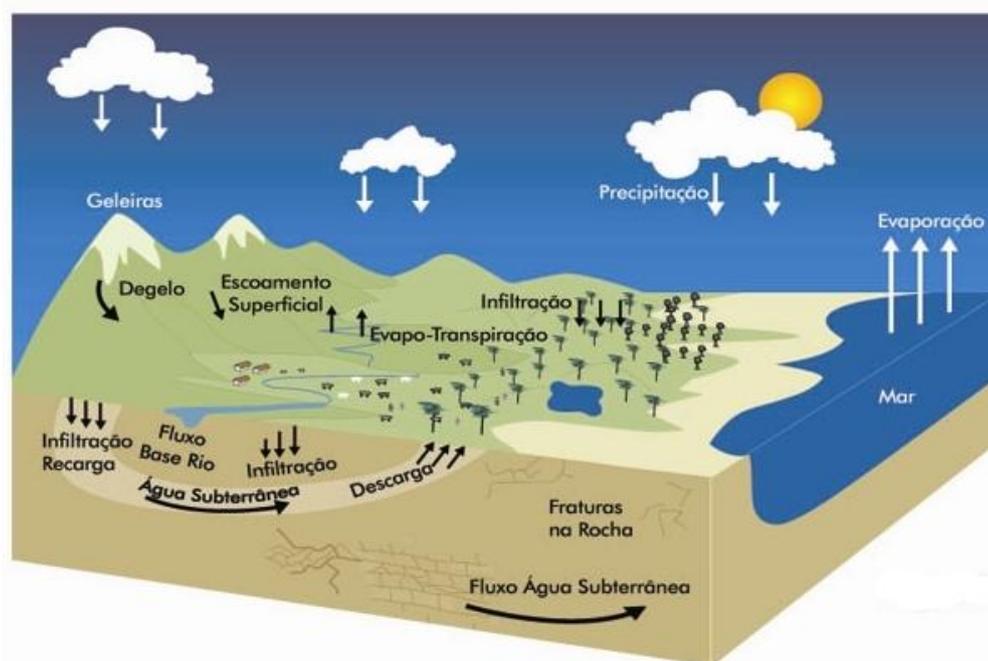
A bacia hidrográfica, além de ser utilizada como recorte espacial para vários tipos de diagnósticos, é também a unidade de análise do processo de circulação de água que dependendo das condições atmosféricas e das características da bacia hidrográfica, podem resultar em inundações. Silveira (1993) comenta que o papel hidrológico da bacia hidrográfica é o de transformar uma entrada de volume de água concentrada no tempo (precipitação) em uma saída de água (escoamento) de forma mais distribuída no tempo e que o escoamento da água pode se dar de maneira rápida (superficial) ou lenta (subterrâneo). Todo esse processo é conhecido como ciclo hidrológico que é o responsável por fazer com que a chuva alimente o volume de água dos rios.

3.2 CICLO HIDROLÓGICO

A água, um dos principais condicionantes para a ocorrência de inundações, tem sua dinâmica representada pelo ciclo hidrológico. Uma das etapas deste ciclo compreende a evaporação das águas superficiais e dos oceanos. Esta água na atmosfera forma nuvens que, dependendo das condições meteorológicas, precipitam na forma líquida (chuva) ou sólida (neve ou granizo). Da água que precipita, uma

parte volta à atmosfera pela evaporação, outra parte é absorvida pela vegetação, outra parcela infiltra e fica retida no solo, outra quantia alcança o lençol d'água subterrâneo e o excedente escoar pela superfície buscando os canais fluviais acrescentando volume de água aos rios (Figura 1).

Figura 1 - Representação do ciclo hidrológico.



Fonte: site <<http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/aguas-subterraneas/ciclo-hidrologico>>

A precipitação é considerada a fase inicial do processo do ciclo hidrológico. A chuva, principal forma de precipitação no Brasil, ocorre quando o vapor d'água, concentrado em forma de nuvem, se agrega em núcleos de condensação com poeira ou gelo, formando uma grande quantidade de gotas d'água com peso e tamanho suficientes para alcançarem a superfície terrestre através da força da gravidade. (SILVEIRA, 1993).

Após o início da precipitação, a vegetação retém parte da água da chuva. A interceptação da chuva pela cobertura vegetal faz com que parte do volume precipitado volte à atmosfera por evapotranspiração sem alcançar o solo. Durante a chuva, os pingos d'água que passam pela cobertura vegetal alcançam o solo, processo conhecido como atravessamento. Outra parte da chuva escoar pelos troncos através do fluxo de tronco e, por fim, a vegetação que está disposta no solo na forma de serrapilheira também armazena água em folhas, galhos, sementes e flores. (COELHO NETTO, 2005).

Quando a água chega até o solo, inicia-se o processo de infiltração. Segundo Coelho Netto (2005), a infiltração é o movimento da água dentro do solo sendo ele o responsável por definir a quantidade de chuva que infiltra ou que excede para escoar na superfície do terreno. “A infiltração e a percolação no interior do solo são comandadas pelas tensões capilares nos poros e pela gravidade.” (SILVEIRA, 1993, p. 37). Da umidade retida no solo, parte é utilizada pelos vegetais através das raízes e parte percola até o lençol de água subterrâneo que geralmente contribui com os rios.

O processo seguinte, após a saturação da infiltração da água no solo, é o escoamento superficial. A água que deixa de ser infiltrada pelo solo acumula-se na superfície e começa a formar um fluxo que escoar sobre o solo, quase sempre como uma massa de água com pequenos cursos anastomosados. (GUERRA, 2005). Esse fluxo que escoar sobre a superfície, moldado pelo relevo, cria uma micro rede de drenagem efêmera que converge para os cursos de água estáveis como pequenos rios e arroios. (SILVEIRA, 1993). Nessa etapa do ciclo hidrológico, a vegetação tem grande importância na dinâmica do escoamento superficial. Um solo coberto por vegetação implica em um menor e mais lento fluxo de água, o que diminui o volume e o tempo que a água leva para alcançar os cursos de água.

As águas que escoam superficialmente e boa parte daquelas que percolam até o lençol subterrâneo alcançam os rios que, por sua vez, depositam suas águas em lagos e oceanos, os maiores contribuintes de vapor de água e que voltam a alimentar o ciclo.

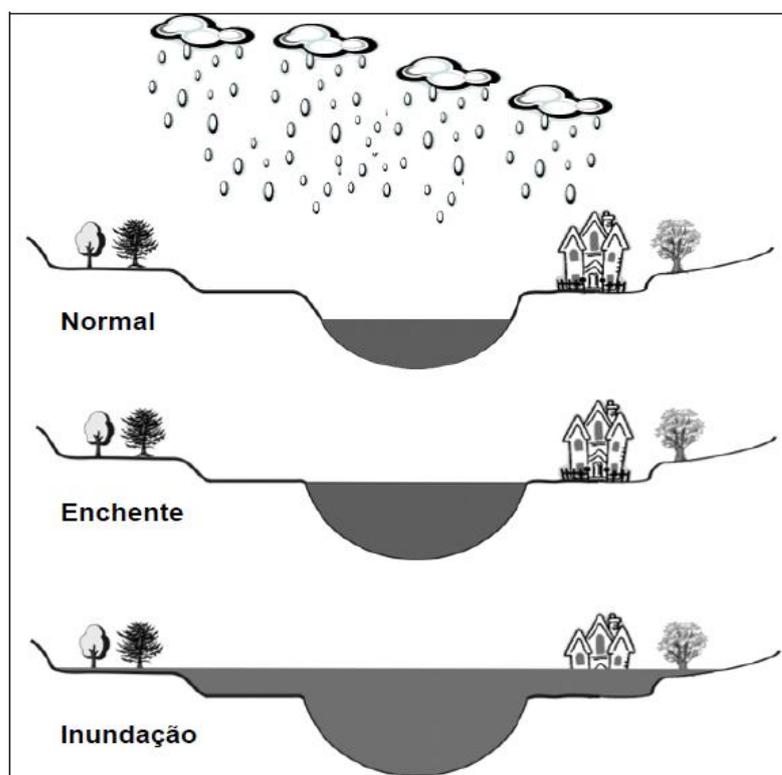
Dentro do ciclo hidrológico, as inundações com o transbordamento dos rios são reflexos da entrada de grandes volumes de água na drenagem da bacia hidrográfica. Na grande maioria das vezes, o excesso de volume de chuva associado às condicionantes naturais da bacia hidrográfica são os principais causadores das inundações. Também podem existir condicionantes antrópicos que interferem em algumas etapas do ciclo hidrológico e acabam por originar ou potencializar a ocorrência de inundações.

3.3 ENCHENTES E INUNDAÇÕES

As enchentes ou inundações são eventos hidrológicos relacionados ao ciclo hidrológico sendo comuns a praticamente todos os rios, estejam eles em seu estado

natural ou sob interferência antrópica. De acordo com Amaral e Ribeiro (2012, p. 41), as inundações “são eventos naturais que ocorrem com periodicidade nos cursos d’água, frequentemente deflagrados por chuvas fortes e rápidas ou chuvas de longa duração.” O aumento no volume de água de um rio e o seu consequente transbordamento tem diferentes denominações populares, como enchente, inundação, enxurrada, cheia, alagamento, entre outros. Segundo Goerl e Kobiyama (2005) “as palavras cheia e enchente tem como origem o verbo encher, do Latin *Implere*, que significa ocupar o vã, a capacidade ou a superfície de; tornar cheio ou repleto.” Assim, o termo enchente se aplica à situação em que o rio tem o seu volume de água aumentado, mas ainda dentro do leito menor ou dos limites da calha principal do rio. Já o termo inundação é de adequada utilização para a situação em que o volume de água de um rio supera sua calha principal e ocorre um transbordamento. A Figura 2 representa as situações de normalidade, enchente e inundação.

Figura 2 - Representação da elevação das águas de um rio passando do estado normal até a situação de inundação com o transbordamento das águas.



Fonte: GOERL, R. F.; KOBİYAMA, M. Considerações sobre as inundações no Brasil. In: XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2005, João Pessoa, **Anais...** 2005.

O Ministério das Cidades diferencia e conceitua os outros tipos de eventos hidrológicos ocasionados pelo aumento de vazão de um rio e que popularmente são confundidos com inundação. O Quadro 1 traz o conceito e as características destes eventos:

Quadro 1 – Conceitos e características dos eventos hidrológicos.

Enchente ou cheia	Elevação temporária do nível d'água em um canal de drenagem devido ao aumento da vazão ou descarga.
Inundação	Processo de extravasamento das águas do canal de drenagem para as áreas marginais (planície de inundação, várzea ou leito maior do rio) quando a enchente atinge cota acima do nível máximo da calha principal do rio.
Alagamento	Acúmulo momentâneo de águas em uma dada área decorrente de deficiência do sistema de drenagem.
Enxurrada	Escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte.

Fonte: BRASIL. Ministério das Cidades / Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margens de Rios**. Organizadores: CARVALHO, C. S.; MACEDO, E. S.; OGURA, A. T. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007.

É importante ressaltar ainda que existem as Inundações Litorâneas, mas estas são consideradas eventos secundários como consequência de marés, vendavais, tempestades marinhas, ciclones tropicais, trombas d'águas, entre outros.

As inundações podem ser classificadas, de acordo com Castro² (2003, p. 40), em função da sua magnitude e evolução:

- a) Magnitude: Inundações excepcionais; Inundações de grande magnitude; Inundações normais ou regulares; Inundações de pequena magnitude.
- b) Evolução: Inundações graduais; Inundações bruscas;

Quanto à evolução das inundações, Castro (2003, p. 48) define que inundação gradual é aquela em que “as águas elevam-se de forma paulatina e previsível; mantêm-se em situação de cheia durante algum tempo e, a seguir, escoam-se gradualmente.” O autor comenta ainda que normalmente as inundações

² Estas classificações propostas por Castro (2003) foram adotadas pelo Ministério da Integração Nacional e pela Secretaria de Defesa Civil Nacional e compõem o Manual de Desastres Naturais da Defesa Civil.

graduais são cíclicas e nitidamente sazonais, e cita como exemplo as inundações anuais da bacia do rio Amazonas. As inundações graduais caracterizam-se também pela grande abrangência e extensão, ocupando vales e planícies de inundação. Em relação ao tempo climático, esse tipo de inundação está associado com períodos longos de chuvas contínuas influenciadas por variáveis climatológicas de média e longa duração. (CASTRO, 2003).

As inundações bruscas, definidas por Castro (2003, p. 50), são “provocadas por chuvas intensas e concentradas, em regiões de relevo acidentado, caracterizando-se por produzirem súbitas e violentas elevações dos caudais, os quais escoam de forma rápida e intensa.” Este tipo de evento está relacionado com variações diárias de tempo, chuvas intensas e concentradas em curto espaço de tempo. As áreas atingidas costumam ser pequenas, principalmente as margens de pequenos rios. Porém, pela rapidez com que se desenvolve, a inundação brusca costuma causar maior número de vítimas fatais. O mesmo autor diz ainda que este tipo de inundação está associado com relevos movimentados e que “a inclinação do terreno, ao favorecer o escoamento, contribui para intensificar a torrente e causar danos”.

Distinguir uma inundação gradual de uma inundação brusca pode ser uma tarefa difícil. As definições feitas por Castro (2003) e adotadas pela Defesa Civil para identificação de uma inundação gradual e de uma inundação brusca podem ser confusas dependendo das características e da localização do evento. Goerl e Kobiyama (2005) comentam sobre a dificuldade, brasileira e de outros países, em identificar os tipos de inundação e que os relatórios de avaliação de danos (AVADAN) que registram os desastres naturais podem registrar informações confusas. O AVADAN é o registro oficial de desastres naturais do Brasil feito pela Defesa Civil. A identificação de uma inundação gradual ou brusca considerando apenas os fatores tempo (tempo de subida e descida das águas), relevo (relevo acidentado ou plano) e clima (chuvas de longa ou curta duração), estabelecidos por Castro (2003), geram dúvidas durante a análise de um evento em uma grande ou pequena bacia hidrográfica, por exemplo. Fatores como precipitação antecedente, tipo de uso do solo, quantidades de áreas impermeáveis, taxa de cobertura vegetal, retificação de canais e rios e demais elementos relacionados com bacias hidrográficas podem ser determinantes na ocorrência ou não de uma inundação, e se ela será gradual ou brusca. (GOERL e KOBİYAMA, 2005).

3.4 PROCESSO DE INUNDAÇÃO

As ocorrências das inundações estão associadas às condicionantes de ordem natural. Inundações são processos naturais relacionados com a dinâmica dos rios e que, de tempos em tempos, vão extravasar o leito do rio. Segundo Tucci (2005), este é um processo natural que ocorre quando a precipitação é intensa, causada por eventos chuvosos, e o solo perde a capacidade de infiltração, aumentando o escoamento superficial que rapidamente alcança os cursos d'água. Porém, algumas inundações associadas com desastres naturais ocorrem ou são potencializadas pela interferência antrópica. Segundo Amaral e Ribeiro (2012, p. 45), as principais condicionantes para que ocorram inundações são:

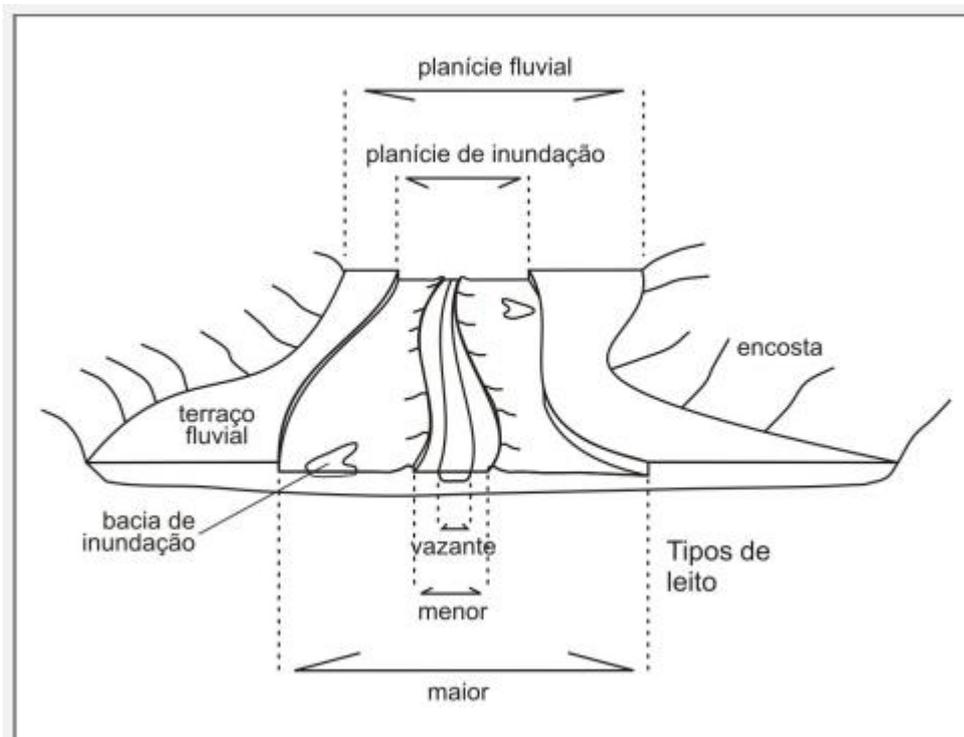
a) Condicionantes naturais: formas de relevo; características da rede de drenagem da bacia hidrográfica; intensidade, quantidade, distribuição e frequência das chuvas; características do solo e o teor de umidade; presença ou ausência de cobertura vegetal.

b) Condicionantes antrópicos: uso e ocupação irregular nas planícies e margens de cursos d'água; disposição irregular de lixo nas proximidades dos cursos d'água; alterações nas características da bacia hidrográfica e dos cursos d'água (vazão, retificação e canalização de cursos d'água, impermeabilização do solo, entre outros); intenso processo de erosão dos solos e de assoreamento dos cursos d'água.

Dentre as condicionantes naturais de inundação, o relevo é um dos fatores que mais contribui para o desenvolvimento de uma enchente ou inundação. As áreas de planície de inundação são locais que periodicamente serão atingidos pelo transbordamento dos cursos de águas, faz parte da dinâmica natural dos rios. (AMARAL e RIBEIRO, 2012). Segundo Zancopé (2012), as planícies fluviais, onde estão as planícies de inundação, são consideradas áreas de risco tanto por análises geotécnicas como por legislação própria, como a Lei Federal Nº 6.766, de 1979, que dispõem sobre o parcelamento de terras urbanas e que, em seu artigo 3º, não permite o parcelamento de terras alagadiças e sujeitas a inundações, como as planícies fluviais, antes de tomadas as providências para assegurar o escoamento das águas. (BRASIL, 1979). Zancopé (2012) define que as planícies de inundação

são áreas dos vales fluviais que sofrem inundações por cheias de determinadas magnitudes e intervalos de recorrência e as planícies fluviais são áreas dos vales fluviais, marginais aos cursos d'água, parcialmente alagadas por transbordamentos periódicos oriundo dos rios e limitadas lateralmente pelas bases das vertentes dos vales (Figura 3). Além do termo planície de inundação, Tucci (2005, p. 29), trata como áreas sujeitas a inundação natural o leito maior³ de um rio. Segundo este autor, o leito menor é por onde a água escoia normalmente, a maior parte do tempo. Já o leito maior é caracterizado pelos locais em que o rio alcança quando atinge níveis superiores de volume d'água. Tucci (2005) comenta ainda que este tipo de inundação, quando as águas atingem o leito maior do rio, geralmente ocorre em bacias hidrográficas médias e grandes (> 100km²) e que este processo é natural como consequência do ciclo hidrológico e assim é denominada inundação de áreas ribeirinhas.

Figura 3 – Modelo de uma planície fluvial e seus elementos.



Fonte: ZANCOPÉ, M. H. C. Riscos e danos ambientais no contexto da geomorfologia. In: LIMA-GUIMARÃES, S. T.; CARPI-JUNIOR, S.; GODOY, M. B. R. B.; TAVARES, A. C. **Gestão de áreas de riscos e desastres ambientais**. 1 ed. Rio Claro: IGCE/UNESP/RIOCLARO, 2012. cap. 13. p. 328-356.

³ “Leito menor é a seção de escoamento ou calha por onde a água escoia a maior parte do tempo, delimitada por uma variação muito grande de inclinação das paredes do canal. Onde o rio ocupa raramente é denominada de leito maior. O leito maior pode ser extenso, de vários quilômetros de largura e o leito menor tem alguns metros (excetuando rios de grande porte).” (TUCCI, 2005, p. 42).

A cabeceira de um rio geralmente apresenta áreas com grande declividade, o que resulta em um escoamento de alta velocidade. À medida que o rio alcança um relevo mais plano, a capacidade de escoamento diminui e as águas extravasam para o leito maior nas planícies de inundação ou várzea, morfologicamente localizadas nos médios e baixos cursos fluviais onde há uma maior incidência de áreas planas. (TUCCI, 2005).

A chuva é uma condicionante natural que atua como elemento deflagrador dos eventos hidrológicos. Conhecer o clima e o tempo de uma região é de suma importância para o entendimento das inundações. “As inundações são causadas por chuvas intensas e/ou de longa duração que favorecem a saturação dos solos, o que aumenta o escoamento superficial e a concentração de água.” (AMARAL e RIBEIRO, 2012, p. 45).

A cobertura vegetal é outra condicionante de relevante importância. Atua na retenção de água no solo, diminui o volume e a velocidade do escoamento superficial, minimizando a erosão do solo, muito comum em áreas destinadas ao uso agrícola. (AMARAL e RIBEIRO, 2012; TUCCI, 2005).

As inundações causadas por interferência antrópica ou pela urbanização são aquelas que resultam da impermeabilização dos solos pelo asfalto e concreto, pela interferência de obras estruturais (canalização, pontes, etc.) em cursos d’água, pela retirada de cobertura vegetal, entre outros elementos. Estes condicionantes, somados a eventos de chuvas intensas em curto espaço de tempo com grande escoamento superficial e aliados à alta densidade populacional das planícies, podem causar danos extensos com grande número de pessoas afetadas. Tucci (2005, p. 30 e 31) comenta que “geralmente estas inundações são vistas como locais porque envolvem bacias pequenas ($< 100\text{km}^2$, mais frequentemente em bacias $< 10\text{km}^2$)”.

3.5 CLIMA E TEMPO COMO CONDICIONANTES DAS INUNDAÇÕES

O clima e os tempos atuantes em uma região estão entre os principais condicionantes naturais na ocorrência de inundações. Para entender o processo de formação das inundações na cidade de Rio Negro, é necessário conhecer a dinâmica climática da região Sul do Brasil e dos estados do Paraná e Santa Catarina que se encontram sobre o domínio climático classificado como Subtropical Úmido.

Mendonça e Danni-Oliveira (2007) caracterizam este domínio pela atuação e choque de massas de ar tropicais e polares. O clima Subtropical Úmido é caracterizado pela abundante precipitação distribuída durante o ano todo, com as máximas ocorrendo predominantemente no verão. As maiores temperaturas e umidade relativa acontecem no verão quando as bordas ocidentais das células de altas pressões oceânicas geram chuvas abundantes, ao contrário do inverno em que os avanços frequentes das massas polares e as perturbações ciclônicas geram temperaturas baixas e chuvas. (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

No Brasil, o clima Subtropical Úmido é controlado por massas de ar tropicais MTA (Massa Tropical Atlântica) e MTC (Massa Tropical Continental) e polares MPA (Massa Polar Atlântica), em que predomina o clima subtropical úmido das costas orientais e subtropicais dominados largamente pela MTm (Massa Tropical marítima), há ainda a atuação da MEC (Massa Equatorial Continental) na estação de verão que gera condições para choques entre frentes (Quadro 2). (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

A pluviosidade, regular e bem distribuída ao longo do ano, fica entre 1.250 e 2.000 mm anuais, diferente da variabilidade térmica que é bastante acentuada com médias anuais em torno de 14°C e 22°C, chegando a alcançar média entre 10°C e 15°C no período de inverno e em torno de 26°C a 30°C no verão. (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Quadro 2 - Massas de ar atuantes no clima Subtropical Úmido.

Massa Tropical Atlântica	Origina-se no centro de altas pressões subtropicais do Atlântico e possui, portanto, características de temperatura e umidade elevadas. Sua mais expressiva atuação nos climas do Brasil, por meio de correntes de leste e nordeste, se dá no verão, quando atraída pelas relativas baixas pressões que se formam sobre o continente, traz para a atmosfera deste bastante umidade e calor, reforçando as características da tropicalidade climática do País. Ela atua, todavia, durante o ano todo nos climas do Brasil, principalmente na porção litorânea, onde, devido à orografia, provoca considerável precipitação, sendo mais expressiva no verão.
Massa Tropical Continental	Forma-se na região central da América do Sul, no final do inverno e início da primavera, antes de começar a estação chuvosa. Assim, sobre a área, forma-se uma condição de divergência atmosférica, que dá origem a uma massa de ar quente e seca. Durante as outras estações do ano, de maneira geral, a depressão do Chaco atua como uma área de atração de massas de ar de outras regiões, cujos centros de ação apresentam-se mais intensos que aquele de sua área de origem. Dessa forma, a região é facilmente dominada pelo ar polar, no inverno, e pelo ar quente e úmido do Equador, no verão.
	Continua...

<p>Massa Polar Atlântica</p>	<p>O acúmulo de ar polar sobre o oceano Atlântico, na altura centro-sul da Patagônia, dá origem à massa de ar polar, de característica fria e úmida. O ramo atlântico desta massa de ar, favorecido pela calha natural da drenagem da bacia Platina, atinge latitudes bem menores que o ramo Pacífico, o que torna possível sua atuação sobre toda a porção centro-sul-leste da América do Sul. Quando o centro migratório polar encontra-se com intensidade expressiva, a MPA alcança a latitude 0° e provoca o fenômeno regionalmente conhecido como friagem.</p>
<p>Massa de ar Equatorial Continental</p>	<p>A célula de divergência dos alíseos, ou doldrums, localizada na porção centro-ocidental da planície Amazônica, produz uma massa de ar cujas características principais são a elevada temperatura, proximidade da linha do Equador e umidade. A massa de ar que ali se origina apresenta um aspecto singular dentre as massas continentais: é úmida, pois se origina sobre uma superfície com farta e caudalosa rede de drenagem coberta por uma exuberante de densa floresta, além de ter sua atmosfera enriquecida com umidade oceânica proveniente de leste ZCIT (Zona de Convergência Intertropical) e de nordeste MEAN (Massa Equatorial do Atlântico Norte). A atuação máxima dessa massa de ar dá-se principalmente durante a estação de verão austral, época em que o ar quente encontra mais facilidade de desenvolvimento em direção sul. Assim, o ar quente e úmido equatorial continental influencia a atmosfera de toda a porção interiorana da América do Sul, pois se desloca por meio de correntes de noroeste, oeste e sudoeste a partir de seu centro de ação. Esses deslocamentos recebem também a denominação, por alguns autores, de ondas de calor de noroeste no centro-sul do Brasil.</p>

Fonte: MENDONÇA, F. ; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 206 p.

De acordo com Monteiro (2001) e Grimm (2009), o clima dos Estados do Paraná e Santa Catarina é bastante influenciado pelo relevo. Na costa leste da região Sul do Brasil há significante contribuição do efeito orográfico na precipitação condicionada pelos ventos em superfície que tendem a divergir da alta subtropical do Atlântico que se dirigem perpendicularmente à costa onde uma ascensão íngreme lhes é imposta pela Serra do Mar. (GRIMM, 2009).

Monteiro (2001) faz uma descrição das características climáticas do Estado de Santa Catarina de acordo com as estações do ano. Segundo o autor, na estação do verão, devido à intensidade do calor associada aos altos índices de umidade, é comum a formação de convecção tropical com nuvens muito desenvolvidas do tipo cumulonimbus que resultam em pancadas de chuva, principalmente no período da tarde, comumente conhecidas “como chuvas de verão”. O autor comenta ainda que a passagem de frentes frias nessa estação, geralmente organiza e intensifica a convecção tropical que acaba por dar origem a tempestades com fortes chuvas e descargas elétricas, rajadas de vento e granizo na porção Norte do estado; nesse

período há ainda a atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul que auxilia na formação de tempestades.

Na estação do outono predominam a diminuição da convecção proporcionada pelas altas temperaturas e os bloqueios atmosféricos que impedem a passagem de frentes frias causando períodos de tempo bom e influenciando na diminuição das precipitações. (MONTEIRO, 2001). Nesta estação predominam os bloqueios atmosféricos, porém, algumas frentes frias avançam sobre o estado e causam chuvas.

No período do inverno as condições de tempo no Estado de Santa Catarina são influenciadas pela passagem de massas polares, podendo chegar à frequência de uma frente por semana. (MONTEIRO, 2001). Sob atuação das massas polares o tempo é estável e com poucas nuvens. Monteiro (2001) comenta que a precipitação nessa época é ocasionada pelos sistemas frontais à superfície e pelos vórtices ciclônicos (baixa pressão) e que os tempos instáveis são influenciados pela “Baixa do Chaco” que resulta em pancadas de chuva e trovoadas.

A primavera é a estação com tempo mais instável no estado. Nesse período ocorre a atuação do Complexo Convectivo de Mesoescala (CCM) que favorece a formação de pancadas de chuva forte com trovoadas e Granizo. (MONTEIRO, 2001).

Segundo Reboita et al. (2010), os sistemas frontais frios que atuam sobre a região Sul podem causar chuvas em duas situações: quando atuam na região e, quando ainda afastados, dão condições para o desenvolvimento de linhas de instabilidade pré-frontais.

As frentes frias ocorrem quando o ar frio polar avança sobre a região onde atua um ar quente tropical. Segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p. 103), “uma frente fria ocorre quando o ar frio, mais denso e mais pesado, empurra o ar quente para cima e para frente, fazendo-o se retirar da área, tanto por elevação quanto por advecção.” As frentes frias podem apresentar deslocamento rápido e instabilidade, gerando alternância de tipos de tempos e genericamente ocorrência de precipitação, provocados pela acentuada diferença de temperatura e pressão das massas de ar, e deslocamento lento e estabilidade, como consequência da pouca diferença de temperatura e pressão. (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Os Vórtices Ciclônicos são definidos como sistemas fechados de baixa pressão. Normalmente se originam no Oceano Pacífico e algumas vezes seguem

para o Atlântico, alcançando o Nordeste brasileiro, provocando chuvas e ventos fortes no Sul e Sudeste do Brasil por um período de 1 ou 2 dias. (LOURENÇO, FERREIRA e GAN, 1996).

A circulação local que dá origem à Brisa está relacionada com as diferentes temperaturas entre o continente e o oceano durante o dia e a noite. Durante o dia, o continente apresenta temperaturas maiores do que as do oceano, pela sua facilidade em se aquecer, o que favorece a entrada de ventos úmidos vindos do mar, denominada brisa marítima, que podem ocasionar chuvas e até mesmo alimentar outros sistemas. (REBOITA et al., 2010).

Em relação aos sistemas meteorológicos como bloqueios atmosféricos, Reboita et al. (2010, p. 194) explica que:

Os bloqueios atmosféricos são outros tipos de sistemas que podem causar precipitações intensas ou estiagens na região Sul do Brasil, dependendo de sua localização. Quando os bloqueios estão localizados no Pacífico Sul, por exemplo, próximo a 32° S, ocorre o impedimento da passagem dos sistemas de tempo sobre a região Sul. Entretanto, quando se localizam mais ao sul, como, por exemplo, em torno de 60° S, o ramo do escoamento zonal norte faz com que os sistemas transientes passem sobre a região Sul promovendo precipitações elevadas.

A ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul) faz parte do sistema atmosférico ZCIT (Zona de Convergência Intertropical) que “se forma nas áreas de baixa latitude, onde o encontro dos ventos alísios provenientes de sudeste com aqueles provenientes do nordeste criam uma massa de ar que são normalmente úmidas.” (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 90).

3.5.1 El Niño e La Niña

El Niño e La Niña são dois eventos climáticos decorrentes da interação com troca de energia e umidade entre a superfície do oceano e a baixa atmosfera próxima a ele, resultando em variações climáticas a nível regional e global. “El Niño representa o aquecimento anormal das águas superficiais e subsuperficiais do oceano Pacífico Equatorial.” (OLIVEIRA, 2001). O fenômeno El Niño caracteriza-se pelo aquecimento anômalo das águas superficiais do Pacífico nas porções Equatorial Oriental e Central com duração, em episódios típicos, entre 12 a 18 meses, iniciando no começo do primeiro ano alcançando seu ápice entre os meses

de dezembro e janeiro e terminando na metade do segundo ano. (OLIVEIRA e SATYAMURTY, 1998).

Oliveira (2001) comenta ainda que, além do aquecimento das águas do oceano, o El Niño Oscilação Sul (ENOS) influencia na atmosfera próxima à superfície do oceano onde há um enfraquecimento dos ventos alísios na região equatorial, o que implica em mudanças no padrão de transporte de umidade resultando em variações na distribuição de chuvas em regiões tropicais e de latitudes médias e altas.

As águas superficiais do Pacífico interagem com a atmosfera e geram uma espécie de gangorra barométrica entre as porções leste e oeste do Oceano Pacífico, denominada oscilação Sul. O El Niño está associado ao enfraquecimento da alta subtropical do Pacífico Sul (pressões anormalmente baixas) e ao enfraquecimento do sistema de baixa pressão na porção oeste do Pacífico (pressões anormalmente baixas). (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 189 e190).

A La Niña ou o evento com características contrárias ao El Niño apresenta um resfriamento anormal das águas do Pacífico. Os ventos alísios sopram com mais intensidade para o oeste represando as águas quentes no Pacífico Ocidental que geram mais umidade na atmosfera e formam nuvens de chuva que se concentram no nordeste do Oceano Índico, a oeste do Oceano Pacífico e no Pacífico Oriental e Central. (OLIVEIRA, 2001).

A atuação do El Niño traz como consequência para a região Sul do Brasil um aumento na temperatura do ar e precipitações abundantes, principalmente na primavera e de maio a julho. Mendonça e Danni-Oliveira (2007) comentam sobre a atuação do El Niño nos anos de 1982 e 1983, que fez 10.000 mortes e 30.000 desabrigados na América do Sul, boa parte ligada às fortes inundações no centro-sul do Brasil.

Segundo Grimm e Tedeschi (2004), a atuação do El Niño costuma provocar um aumento na frequência de eventos severos de precipitação na região Sul do Brasil durante os meses de maio e julho e que, conforme Grimm e Sant'Ana (2000), durante a atuação dos eventos de El Niño ocorre um aumento de precipitação média nos dias de chuva e também um aumento no número de dias chuvosos que contribuem para o aumento da precipitação sazonal, ao contrário do que ocorre em períodos de La Niña, quando há diminuição do número de dias chuvosos.

Azevedo et al. (2006) realizaram um estudo relacionando os anos de atuação dos eventos de El Niño e La Niña com as vazões de estações fluviais distribuídas na bacia hidrográfica do rio Iguaçu. Segundo os autores, as maiores vazões registradas foram nos anos de 1957, 1982, 1983, 1986, 1987, 1995, 1997 e 1998 correspondendo aos anos de atuação do fenômeno El Niño, com significativo destaque para os anos de 1982/1983 e 1998, com os maiores valores de vazão (Quadro 3). As menores vazões foram registradas nos anos de 1951, 1968, 1978, 1985, 1988, 2000 e 2001 que coincidem com atuação do fenômeno La Niña, com destaque para o ano de 1985 que apresentou a menor vazão nas estações analisadas. (AZEVEDO et al., 2006). Os autores deste estudo concluíram que em épocas de atuação de El Niño e La Niña registrou-se uma variabilidade fluviométrica em toda a área da bacia do Iguaçu coincidindo anos de máximas e mínimas vazões com anos relacionados respectivamente com a ocorrência destes fenômenos.

Os estudos de Oliveira e Satyamurty (1998) também dão destaque para os anos de 1997-1998, em que a atuação do El Niño foi um dos mais intensos do século e que causou excesso de precipitação na região Sul do Brasil durante a primavera e verão com índices de 50 mm de chuvas a mais nas médias mensais da região.

Quadro 3 – Anos de atuação do El Niño e La Niña e suas respectivas intensidades.

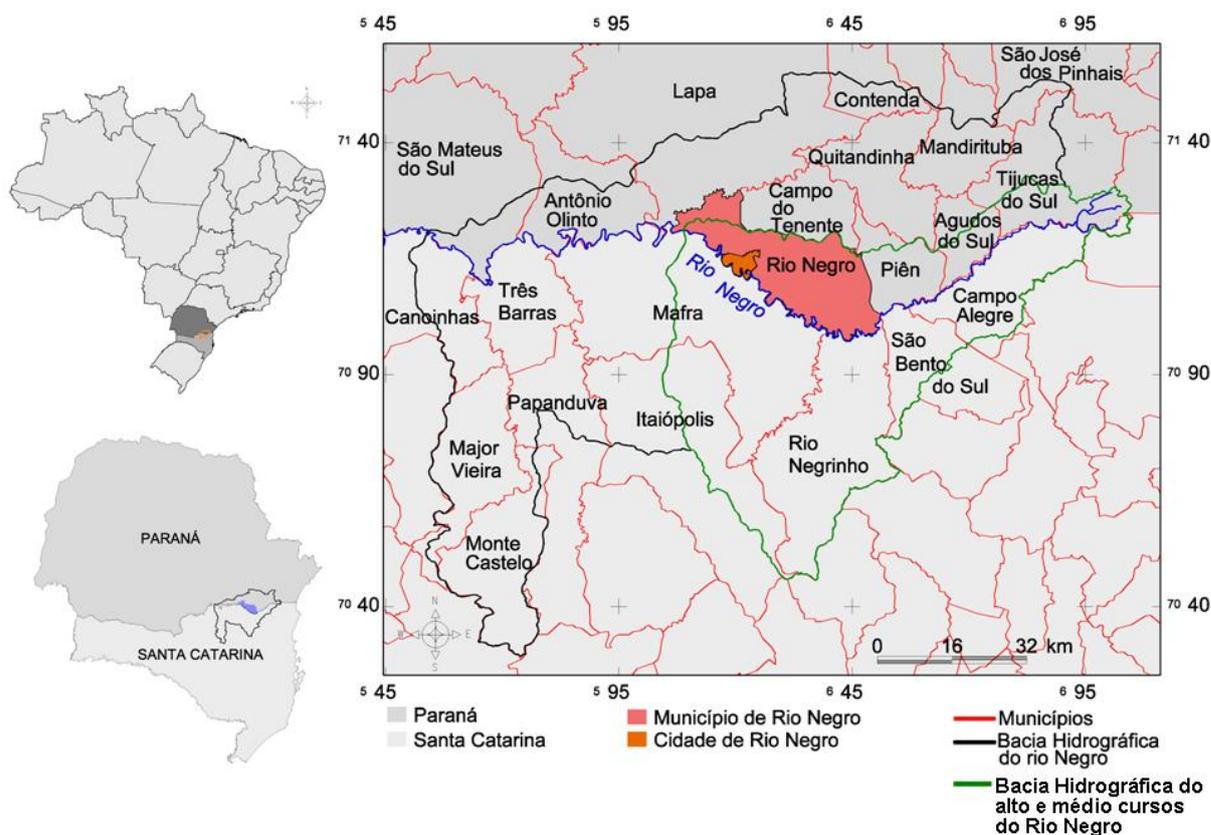
Anos de atuação do El Niño			Anos de atuação do La Niña		
Forte	Moderado	Fraco	Forte	Moderado	Fraco
1939-1941	1932	1951	1938-1939	1964-1965	1983-1984
1957-1959	1946-1947	1953	1949-1951	1970-1971	1984-1985
1972-1973	1965-1966	1963	1954-1956	1998-2001	1995-1996
1982-1983	1968-1970	1976-1977	1973-1976		
1990-1993	1986-1988	1977-1978	1988-1989		
1997-1998	1994-1995	1979-1980	2007-2008		
	2002-2003	2004-2005			
		2006-2007			
		2009-2010			

4 ÁREA DE ESTUDO

4.1 ASPECTOS GEOGRÁFICOS E HISTÓRICOS DO MUNICÍPIO DE RIO NEGRO

O município de Rio Negro, cuja localização cartográfica pode ser representada por um polígono de coordenadas UTM/SAD 69 N 7133495 / E 605427 e N 7096543 / E 651666, na região Sudeste do Estado do Paraná, tem a sua sede instalada junto ao médio curso do rio Negro. Seu território é limitado pelos municípios vizinhos de Lapa, Campo do Tenente, Piên e também pelos municípios de Mafra e Rio Negrinho, estes pertencentes ao Estado de Santa Catarina, na margem oposta do rio Negro (Figura 4).

Figura 4 - Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Negro e do município de Rio Negro.

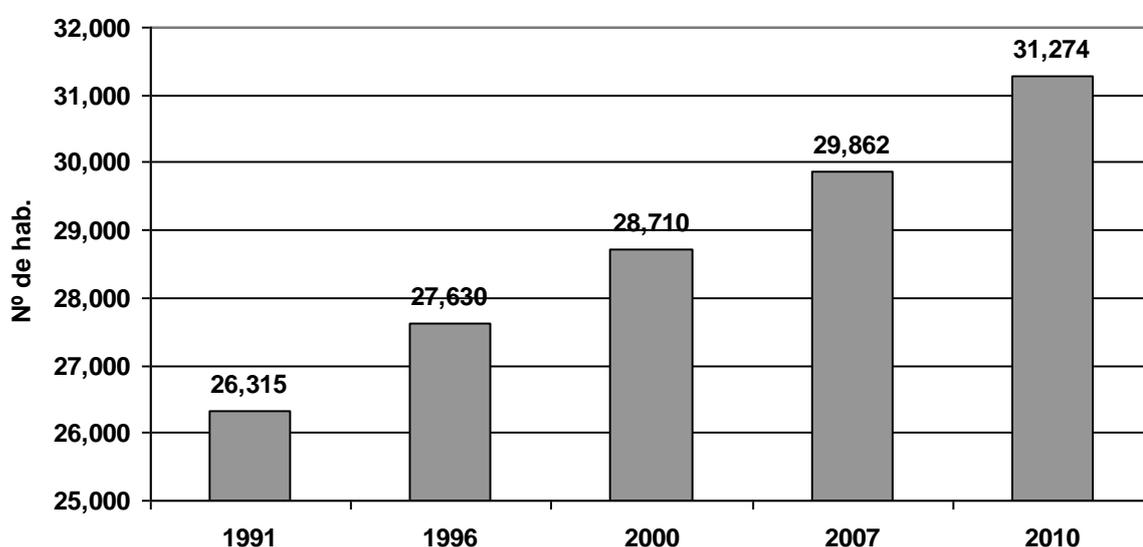


Fonte: IBGE, 2012.

Atualmente o município de Rio Negro apresenta uma densidade demográfica de 52 hab/km², são 31.274 habitantes distribuídos por 603,00 km². (IBGE, 2010). Porém 82% dos habitantes (ou 25.707 habitantes) vivem na área urbana do

município, o que resulta em uma densidade demográfica urbana de 744 hab/km². São 25.707 habitantes distribuídos por 34,52 km², segundo o Plano Diretor Municipal, do ano de 2007. Nos últimos 19 anos, o município teve uma taxa de crescimento demográfico de 19% passando da faixa de 26 mil para 31 mil habitantes (Figura 5). A economia de Rio Negro gera um PIB (Produto Interno Bruto) de R\$ 474.337,00, dos quais 47% advêm da prestação de serviços, 45% da indústria e 8% da agropecuária, seguindo a mesma tendência de proporção dos mesmos setores econômicos do Estado do Paraná e do Brasil. (IBGE, 2010).

Figura 5 - Número de habitantes do município de Rio Negro nos últimos 19 anos.



Fonte: IBGE, 2010.

O clima de Rio Negro é caracterizado como Subtropical Úmido pela sua localização ao Sul do Trópico de Capricórnio. Apresenta uma regularidade na distribuição pluviométrica anual, com totais entre 1.250 e 2.000 mm, temperaturas com grande variabilidade anual, associadas às estações do ano, com médias em torno de 14°C a 22°C, ocorrência de temperaturas negativas durante o inverno e de até 40°C durante o verão. (MENDONÇA, DANNI-OLIVEIRA, 2007). O município de Rio Negro apresenta chuvas bem distribuídas ao longo do ano, com médias anuais variando entre 1.400 mm e 1.600 mm. (PMGRH-PMRN, 2008).

Em relação à hidrografia, o município de Rio Negro faz parte do complexo hidrográfico do rio Paraná estando inserido na sub-bacia do rio Iguazu, especificamente na região do Alto Iguazu, que é composta, na sua porção Sul, pela

bacia hidrográfica do rio Negro. Todo o município é drenado pelas bacias hidrográficas do rio Negro e do seu afluente rio da Várzea. A área urbana de Rio Negro é cortada pelo rio Passa Três, afluente direto do rio Negro, que possui 33 km de extensão, considerado um rio de planície. (PMGRH-PMRN, 2008).

Rio Negro, assim como outros municípios da região Sul e Sudeste do Brasil, tem sua origem relacionada com o tropeirismo. A partir do ano de 1730, o Sr. D. Antonio da Silva Caldeira Pimentel, governador da Capitania de São Paulo, determinou que fosse aberta uma estrada ligando Viamão, na Capitania de São Pedro do Rio Grande do Sul, até a feira de Sorocaba em São Paulo. Este caminho, a princípio, recebeu a denominação de “Estrada do Mota” em homenagem ao Sr. Manoel Rodrigues da Mota que foi o executor da tarefa. Posteriormente, o nome do caminho foi alterado para “Estrada da Mata” como ficou conhecida regionalmente. (FERREIRA, 1996).

O local onde passou a ser a cidade de Rio Negro era conhecido como Sertão da Mata e os primeiros colonizadores, portugueses açorianos vindos da localidade de Porto de Cima (atual município de Morretes) a mando do Sr. D. Francisco Mascarenhas Palma, se deu em torno do registro fiscal ali instalado. (FERREIRA, 1996). No ano de 1828, foi erguida a Capela da Mata do Caminho do Sul, sob a invocação do Senhor Bom Jesus da Coluna; no dia 26 de julho do mesmo ano, por ofício do Bispo de São Paulo, D. Manoel de Andrade, a povoação elevou-se à categoria de Capela Curada, comumente conhecida como Capela de Rio Negro; em 1838 o núcleo de povoação é elevado à categoria de freguesia e em 02 de abril de 1870 é elevada à categoria de município, através da Lei Provincial Nº 219, e seu território é desmembrado do município da Lapa. (FERREIRA, 1996). No dia 15 de novembro de 1870, deu-se oficialmente a titulação de município e, em 1896, recebe foros de cidade.

Entre os anos de 1829 e 1890, Rio Negro recebeu centenas de imigrantes vindos principalmente da Alemanha e Polônia, principais etnias na formação cultural do município.

Nos anos de 1912 a 1916, os Estado do Paraná e Santa Catarina travaram uma batalha conhecida como a Guerra do Contestado, que teve como uma das consequências a definição dos limites entre os estados, adotando o rio Negro como um dos limites interestaduais. Toda a margem esquerda do rio Negro foi incorporada

ao território catarinense. Nesse acordo, o município de Rio Negro perdeu parte do seu território dando origem ao município de Mafra (Figura 4).

4.2 A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO NEGRO

O rio Negro desde a sua nascente passa a demarcar o limite Leste estadual entre os Estados do Paraná e Santa Catarina seguindo como limite natural até alcançar as águas do rio Iguaçu a Oeste. A bacia do rio Negro, com uma área de 9.768 km², drena as águas de 22 municípios. Por se tratar de uma bacia interestadual, parte da bacia encontra-se no Paraná, porção Norte, e parte em Santa Catarina, porção Sul.

Como este estudo tem por objetivo analisar as inundações na cidade de Rio Negro, instalada no médio curso do rio Negro, optou-se por fazer uma análise de parte da bacia hidrográfica do rio Negro e não de toda sua área buscando maior qualidade e detalhes nas informações, ampliando a escala de observação. Nesta pesquisa, será analisada a parte da bacia hidrográfica correspondente ao alto e médio curso do rio Negro e seus afluentes, correspondendo a uma área estudo de 3.949 km², porção da bacia hidrográfica relacionada com o processo de inundação na cidade de Rio Negro. A bacia hidrográfica do alto e médio curso do rio Negro abrange partes de nove municípios, quatro pertencentes ao Paraná e cinco a Santa Catarina (Quadro 4).

Quadro 4 - Municípios integrantes da bacia hidrográfica do alto e médio curso do rio Negro e seus respectivos Estados.

Municípios pertencentes à bacia hidrográfica do alto e médio curso do rio Negro	
Paraná	Santa Catarina
Agudos do Sul	Campo Alegre
Piên	Mafra
Rio Negro	Itaiópolis
Tijucas do Sul	Rio Negrinho
	São Bento do Sul

Na bacia hidrográfica do rio Negro, recentemente outras pesquisas relacionadas com as inundações foram realizadas, dentre elas pode-se citar alguns estudos: Giglio e Kobiyama (2011), Malutta e Kobiyama (2011), Uda et al., (2011) e Goerl; Kobiyama e Pellerin (2012) demonstrando a importância do tema na bacia hidrográfica do rio Negro.

4.2.1 Fisiografia da bacia hidrográfica do alto e médio cursos do rio Negro

4.2.1.1 Litologia

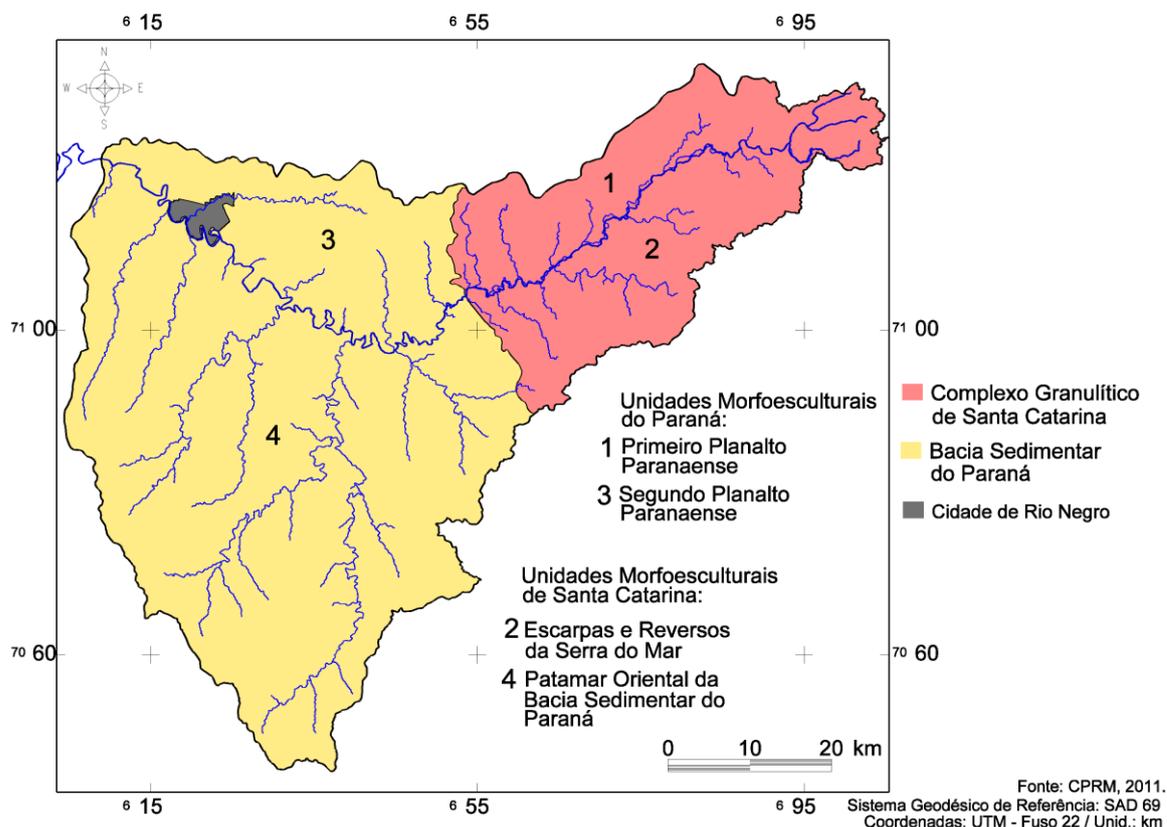
A área ocupada pela bacia hidrográfica do rio Negro localiza-se em dois diferentes contextos geológicos e geomorfológicos em consequência da variedade de rochas e antigos processos geológicos que atuaram na região onde atualmente se encontra a bacia em estudo. A porção leste da bacia, alto curso do rio Negro, encontra-se junto ao flanco ocidental da Serra do Mar apresentando uma grande variedade de rochas bastante antigas que fazem parte do Complexo Granulítico de Santa Catarina onde se encontram as Unidades Morfoesculturais Primeiro Planalto Paranaense e Escarpas e Reversos da Serra do Mar. Já a porção oeste da bacia hidrográfica, médio curso do rio Negro, está assentada sobre as rochas sedimentares da borda leste da Bacia Sedimentar do Paraná junto com as Unidades Morfoesculturais Segundo Planalto Paranaense e Patamar Oriental da Bacia Sedimentar do Paraná. (Figura 6).

4.2.1.1.1 O Complexo Granulítico de Santa Catarina

O Complexo Granulítico de Santa Catarina é uma unidade geotectônica constituída por rochas metamórficas de alto grau, das facies Anfibólitos e em especial granulito, com idades radiométricas arqueanas, transamazônicas e brasileiras. (SCHEIBE, 1986). Segundo Santa Catarina (1986) a litologia deste complexo é em sua maioria constituída por gnaisses hiperestênicos quartzo-feldspáticos, além de uma série de variedades petrográficas como, ultramáficos, gnaisses calcissilicáticos, anortositos, quartzitos e formações ferríferas. A geomorfologia desta região pertence ao contexto da Província da Mantiqueira que

preserva importantes registros tectônicos, magmáticos e sedimentares do Neoproterozóico, relacionado ao Ciclo Brasileiro. (BIZZI et al., 2003).

Figura 6 - Litologias da bacia hidrográfica do alto e médio cursos do rio Negro e suas Unidades Morfoesculturais.



4.2.1.1.2 A Bacia Sedimentar do Paraná

As rochas da Bacia Sedimentar do Paraná presentes na bacia hidrográfica do alto e médio curso do rio Negro se localizam no tempo com idades próximas ao Permiano. O contato entre as rochas metamórficas do Complexo Granulítico e as sedimentares da Bacia do Paraná acontece na porção central da bacia hidrográfica. São formações com origem mais recente, dispostas predominantemente em camadas horizontais sobrepostas.

Na bacia do rio Negro, a transição entre o Complexo Granulítico de Santa Catarina e a Bacia Sedimentar do Paraná acontece com as rochas do Grupo Itararé que, na região, representam a borda leste da bacia sedimentar.

O Grupo Itararé, que ocupa boa parte da bacia hidrográfica em estudo, compreende todo o pacote de sedimentos de origem glacial e periglacial relacionado

ao Carbonífero Superior e Permiano Inferior. (EMBRAPA, 2004). Fazem parte deste grupo as formações Campo do Tenente, Mafra e Rio do Sul. Conforme Guimarães et al., (2007), estas formações são compostas por argilitos, argilitos várvidos, ritmitos, diamictitos, arenitos, conglomerados, folhelhos e folhelhos várvidos.

Sobreposta às formações do Grupo Itararé, seguindo para oeste, encontra-se a Formação Rio do Sul de idade permiana. A Formação Rio do Sul é constituída por espesso pacote de folhelho negro em sua porção basal e apresenta, ainda, rochas como turbiditos, diamictitos e arenitos. (DNPM, 1986).

Sobreposta à Formação Rio do Sul, estão as rochas do Grupo Guatá com as formações Rio Bonito e Palermo, ambas de idade permianas. Segundo DNPM (1986), as rochas que compõem a Formação Rio Bonito têm origem fluvial, lacustre e palustre, constando de uma seção basal arenosa, de uma intermediária argilosa e de uma superior areno-argilosa contendo camadas de carvão.

São encontrados ainda na bacia os Sedimentos Cenozóicos, formados principalmente em depósitos aluvionares atuais e subatuais.

4.2.1.2 Relevo

O relevo da bacia hidrográfica do alto e médio curso do rio Negro tem suas formas relacionadas com as características geológicas do Complexo Granulítico de Santa Catarina e da Bacia Sedimentar do Paraná.

O relevo da porção leste da bacia hidrográfica, correspondente à área de domínio do Complexo Granulítico de Santa Catarina, alto curso do rio Negro, apresenta duas Unidades Morfoesculturais: Primeiro Planalto Paranaense e Escarpas e Reversos da Serra do Mar, denominações respectivas à geomorfologia dos Estados do Paraná e Santa Catarina.

O relevo dessas duas Unidades Morfoesculturais está relacionado com a origem da Serra do Mar, que é resultante da atuação de vários eventos geológicos e geomorfológicos que originaram um relevo movimentado, com altas altitudes, modelado em rochas antigas e variadas. (ALMEIDA e CARNEIRO, 1998).

A parte da área de estudo inserida nessa região, que corresponde ao reverso da Serra do Mar, apresenta altitudes que podem alcançar até 1500 m nos picos. O relevo apresenta dissecação muito alta ou alta e declividades que podem alcançar até 47%; o relevo é formado por cristas alongadas, vertentes retilinizadas e vales em

”V” fechados com grande amplitude altimétrica. (MINEROPAR, 2006; SANTA CATARINA, 1986). À medida que o relevo se afasta da Serra do Mar, em direção ao Oeste, as formas tendem a suavizar e formar Planaltos com altitudes menores. Estes planaltos apresentam dissecação média, declividades menores que 6% e as formas predominantes são colinas de topos alongados e aplainados, vertentes convexas e vales em “V”. (MINEROPAR, 2006; SANTA CATARINA, 1986).

Nessa região do Complexo Granulítico de Santa Catarina, onde estão as maiores altitudes da bacia hidrográfica, a drenagem tende a apresentar pouca vazão e escoamento rápido características que desfavorecem o acúmulo de água nos canais.

A porção Oeste da bacia hidrográfica do rio Negro, onde se encontram as rochas da Bacia Sedimentar do Paraná, médio curso do rio Negro, apresenta outras duas Unidades Morfoesculturais: Segundo Planalto Paranaense e Patamar Oriental da Bacia Sedimentar do Paraná, denominações respectivas à geomorfologia dos Estados do Paraná e Santa Catarina.

Nessa porção da bacia hidrográfica, correspondente ao médio curso do rio Negro, o relevo alcança altitudes entre 750 m e 1000 m. Apresenta dissecação alta a média, declividades menores que 12% e formas colinosas, regulares, topos alongados, vertentes retilíneas e côncavas com vales em forma de “V” e “U” (MINEROPAR, 2006; SANTA CATARINA, 1986).

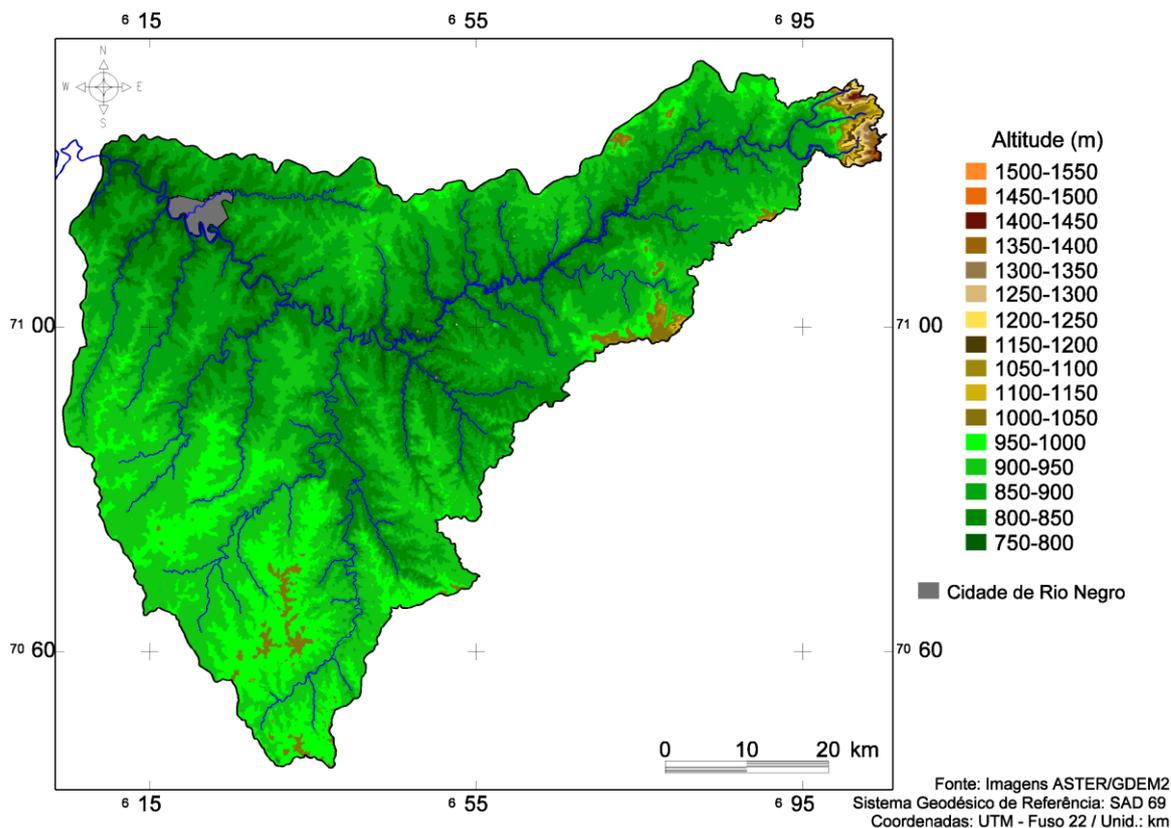
O relevo da bacia hidrográfica do alto e médio cursos do rio Negro, com formas suaves modeladas sobre as rochas sedimentares da Bacia Sedimentar do Paraná proporcionam uma drenagem mais lenta e uma superfície relativamente mais impermeável, favorecendo o escoamento lento e a acumulação de água oriunda de longos períodos de chuva.

4.2.1.2.1 Altimetria

A altimetria da bacia hidrográfica do alto e médio cursos do rio Negro, de modo geral, apresenta um relevo com altitudes predominantes entre as cotas 750 m e 1000 m com exceção do extremo Leste da bacia, junto às nascentes do rio Negro, onde a altitude alcança 1500 m nos picos da Serra do Mar (Figura 7). A amplitude de 250 m da maior parte da bacia hidrográfica é distribuída de forma regular, sem variações abruptas na altimetria do relevo. Foram usadas classes identificando o

relevo de 50 m em 50 m para detalhar o relevo da bacia e demonstrar distribuição regular dos 250 m de amplitude da maior parte do relevo do interior da bacia hidrográfica do rio Negro.

Figura 7 - Altimetria da bacia hidrográfica do alto e médio cursos do rio Negro.



4.2.1.2.2 Declividade

A declividade da área em estudo, alto e médio cursos do rio Negro, foi classificada de acordo com o modelo proposto pelo Manual Técnico de Geomorfologia do IBGE (2009) que diferencia o relevo em cinco classes (Quadro 5):

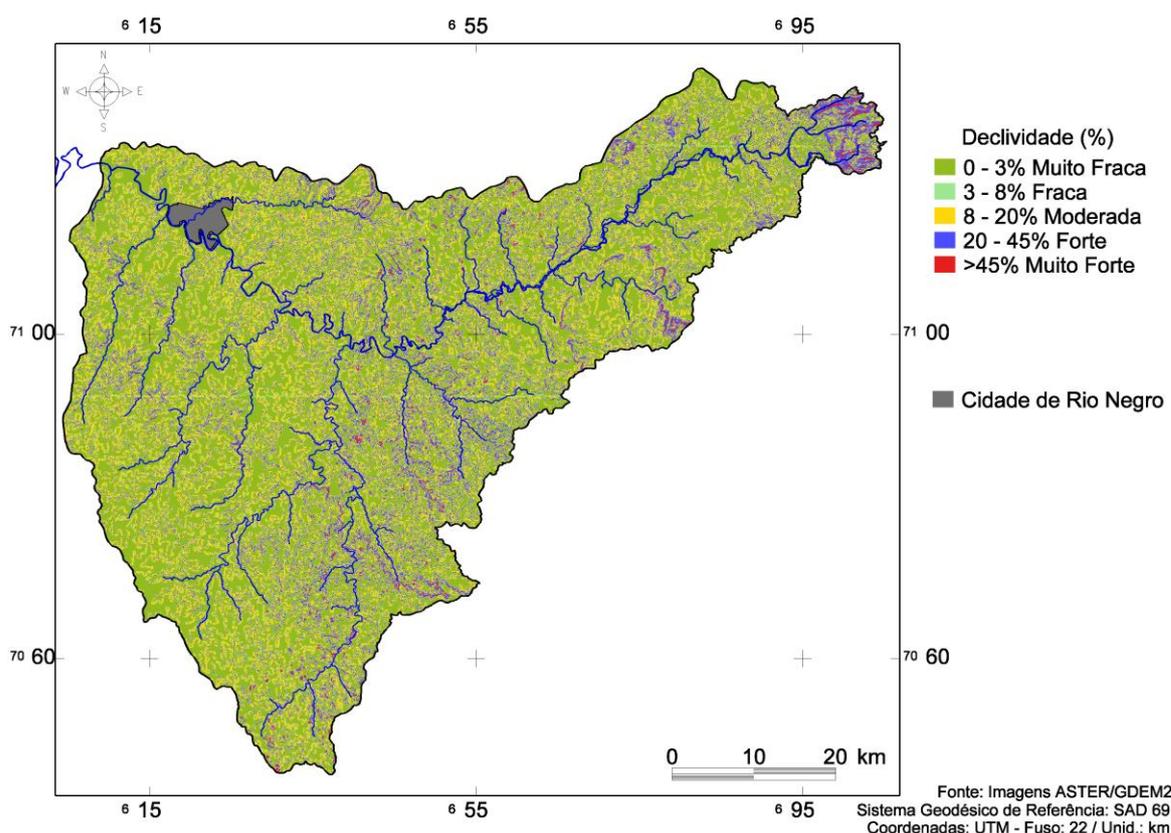
Quadro 5 – Classes de declive

Muito Fraca	0 – 3%	Moderada	8 – 20%	Muito Forte	> 45%
Fraca	3 – 8%	Forte	20 – 45%		

Fonte: IBGE, 2009.

A declividade da bacia hidrográfica do rio Negro, de modo geral, apresenta baixas porcentagens. Fazendo uma análise visual sobre o mapa de declividade (Figura 8), nota-se que a classe Muito Fraca, com porcentagens entre 0% e 3%, predomina sobre a área de estudo. As classes de declive Fraca e Moderada, entre 3% e 20%, também estão presentes em toda a bacia, porém em menor proporção que a classe Muito Fraca. A classe que represente uma declividade Forte, entre 20% e 45%, ocupa pequenas áreas esparsas, associadas com as vertentes das sub-bacias do rio Negro. A classe com porcentagem igual ou superior a 45%, Muito Forte, está restrita ao relevo acidentado dos picos da Serra do Mar, junto com as nascentes do rio Negro e em pequenas áreas pontuais distribuídas ao longo da bacia.

Figura 8 - Declividade da bacia hidrográfica do alto e médio cursos do rio Negro.

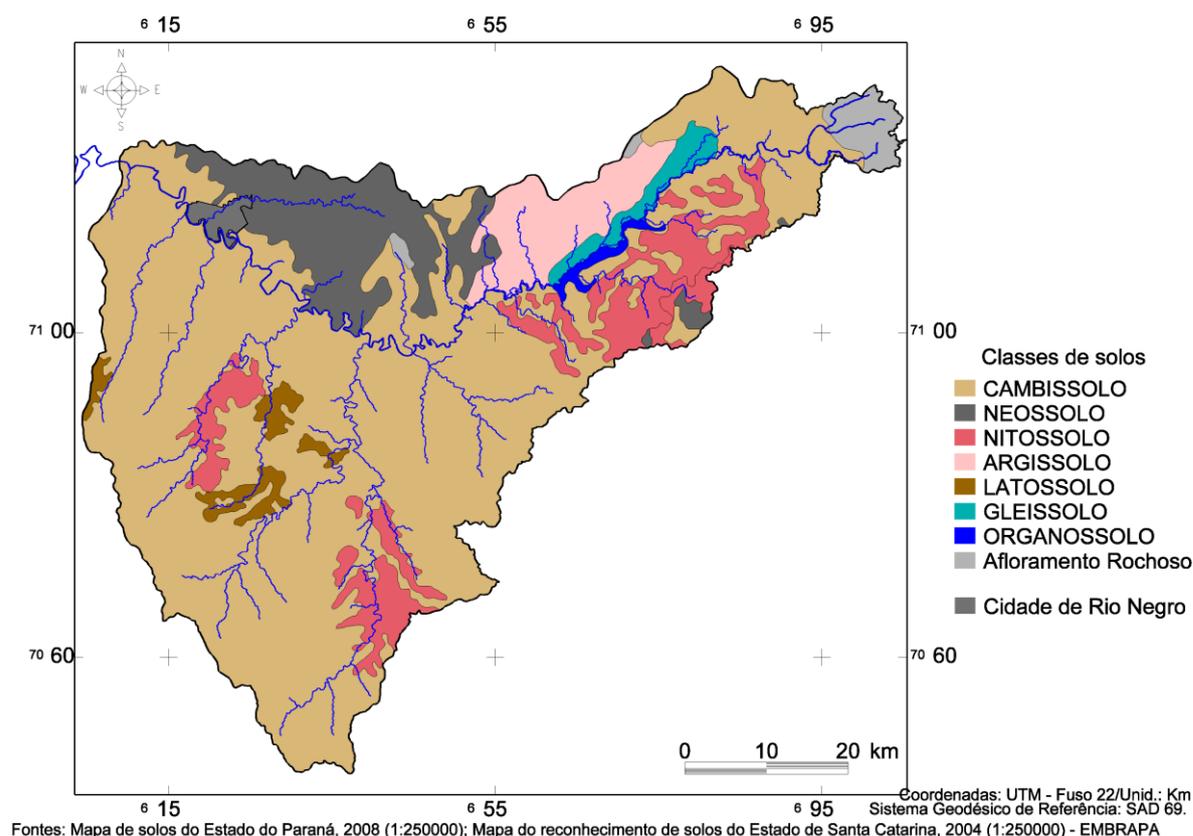


4.2.1.2.3 Solos

A bacia hidrográfica do alto e médio cursos do rio Negro apresenta uma variedade de sete classes de solo: CAMBISSOLOS, ARGISSOLOS, LATOSSOLOS,

NEOSSOLOS, NITOSSOLOS, GLEISSOLOS e ORGANOSSOLOS e ainda Afloramentos Rochosos. A grande maioria da bacia, cerca de 70%, é coberta por CAMBISSOLOS, localizam-se por toda a área ocupando principalmente a porção central e sul da bacia hidrográfica (Figura 9). Os NEOSSOLOS, ocupando 10% da área e os ARGISSOLOS 5%, localizam-se em polígonos no norte da bacia, já os NITOSSOLOS compreendem manchas disformes no leste e sul da área representando 10% da bacia. Os LATOSSOLOS aparecem em pequenas proporções, apenas 2% do total, nas porções central e oeste da bacia. Os GLEISSOLOS, com 1,5% da área, e os ORGANOSSOLOS com 0,5% ocorrem em áreas retilíneas junto ao alto curso do rio Negro. Os afloramentos rochosos encontram-se principalmente nas nascentes do rio Negro, junto aos picos da Serra do Mar ocupando 2% da área.

Figura 9 – Classes de solos da bacia hidrográfica do alto e médio cursos do rio Negro.



A seguir (Quadro 6), são descritas as principais características das classes de solos de acordo com Embrapa (2002):

Quadro 6 – Descrição das características das classes dos solos da bacia hidrográfica do alto e médio cursos do rio Negro.

CAMBISSOLOS	Solos constituídos por material mineral, com horizonte B incipiente imediatamente abaixo do horizonte A ou de horizonte hístico com espessura inferior a 40 cm. São em geral, pouco profundos (50-100 cm), moderadamente a bem drenados, com sequência de horizontes A, Bi, C com transições claras entre os horizontes e apresentam certo grau de evolução.
ARGISSOLOS	Compreendem solos constituídos por material mineral ou argila de atividade baixa e horizonte B textural imediatamente abaixo do horizonte A ou E. Em geral, são solos com grande variação em características morfológicas, físicas e químicas, com o horizonte B textural contrastando com o A e/ou com o E, tanto em cor como em relação à textura, estrutura e consistência.
LATOSSOLOS	São solos constituídos por material mineral, com horizonte B latossólico imediatamente abaixo do horizonte A. Apresentam ótimas propriedades físicas, muito evoluídas. Normalmente, são muito profundos (> 2 m) friáveis ou muito friáveis, muito porosos e acentuadamente ou fortemente drenados, com sequência de horizontes A-Bw-C pouco diferenciados, sendo o horizonte subsuperficial do tipo latossólico.
NEOSSOLOS	São solos com horizonte A assentado diretamente sobre a rocha ou sobre um horizonte C ou Cr e, que apresentam um contato lítico dentro de 50 cm da superfície do solo. Admite um horizonte B, em início de formação com espessura não superior a 10 cm.
NITOSSOLOS	Solos minerais, não hidromórficos, bem drenados, profundos, com presença de horizonte B nítico. São originados de alteração de rochas eruptivas básicas (basalto). Apresentam textura argilosa ou muito argilosa. Não pedregosos ou pedregosos e profundos.
Afloramentos de Rocha	São unidades cartográficas integradas por tipo de terreno, não por solos propriamente ditos. Apresentam-se como exposições brandas ou duras de diferentes tipos de rochas nuas ou com reduzidas porções de materiais detríticos grosseiros, não classificáveis especificamente como solos, formados por delgadas acumulações de material heterogêneo e inconsolidado.
ORGANOSSOLOS	Solos hidromórficos, essencialmente orgânicos, pouco evoluídos e provenientes de depósitos de restos vegetais em grau variável de decomposição, acumulados em ambientes mal ou muito mal drenados.
GLEISSOLOS	São compreendidos os solos mal drenados ou muito mal drenados, nos quais as características zonais, determinadas pela ação do clima e vegetação, não se desenvolvem integralmente em virtude da restrição imposta pela grande influência da água no solo, condicionada sempre pelo relevo e natureza do material originário. Sob estas condições, forma-se um solo caracterizado por apresentar cores neutras. Apresenta ainda, em alguns casos, acúmulo superficial de matéria orgânica.

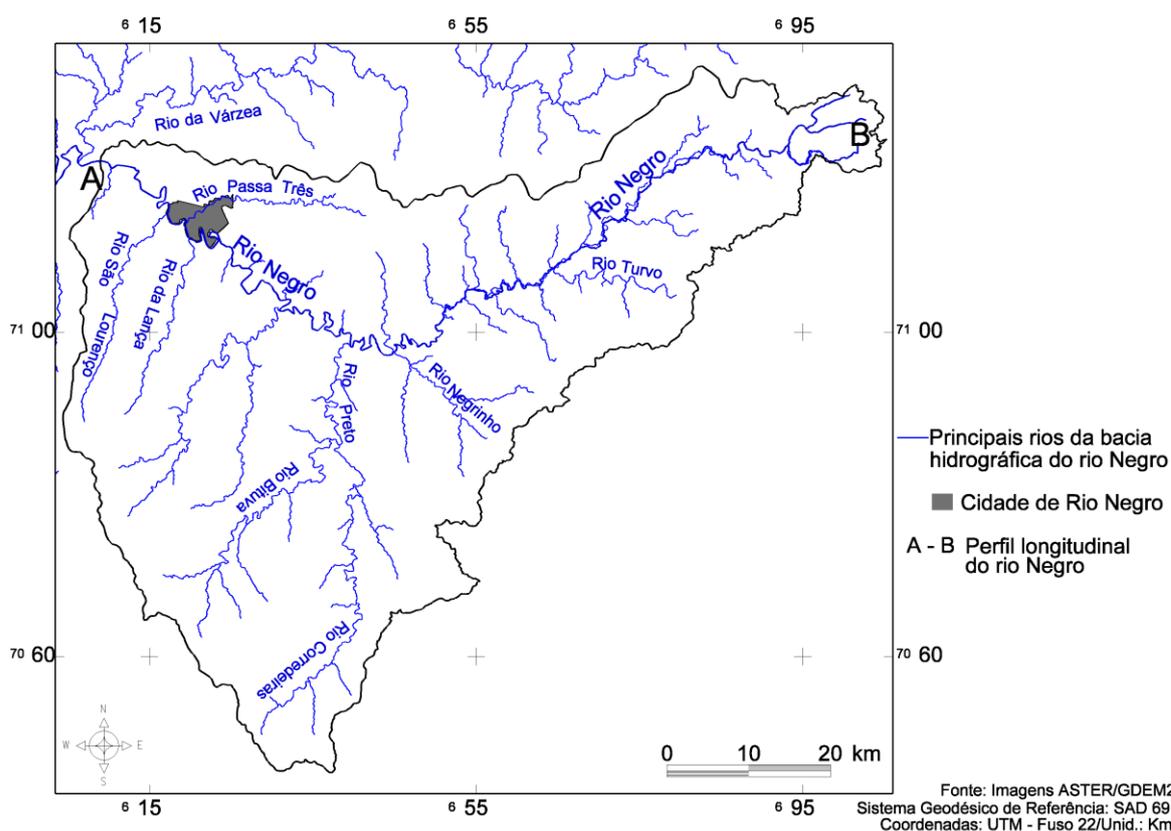
Fonte: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Levantamento de reconhecimento dos solos da região Sudeste do Estado do Paraná (áreas 4, 5 e 6)**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento nº 13. Rio de Janeiro: EMBRAPA SOLOS, 2002. 143p.

4.2.1.3 Hidrografia

O rio Negro nasce na borda oriental da Serra do Mar, a cerca de 20 km do Oceano Atlântico, e segue no sentido Oeste até desaguar no rio Iguaçu. No Paraná, de acordo com a SEMA (Secretaria de Estado de Meio Ambiente) a parte norte da bacia do rio Negro pertence à bacia do Alto Iguaçu, enquanto que em Santa Catarina, a parte sul faz parte da bacia da Vertente do Interior, especificamente ao Planalto de Canoinhas.

Ao longo do seu alto e médio curso, o rio Negro recebe águas de importantes afluentes como rios Turvo, Bateias, São Bento, Negrinho, Preto, da Lança, Passa Três e São Lourenço (Figura 10).

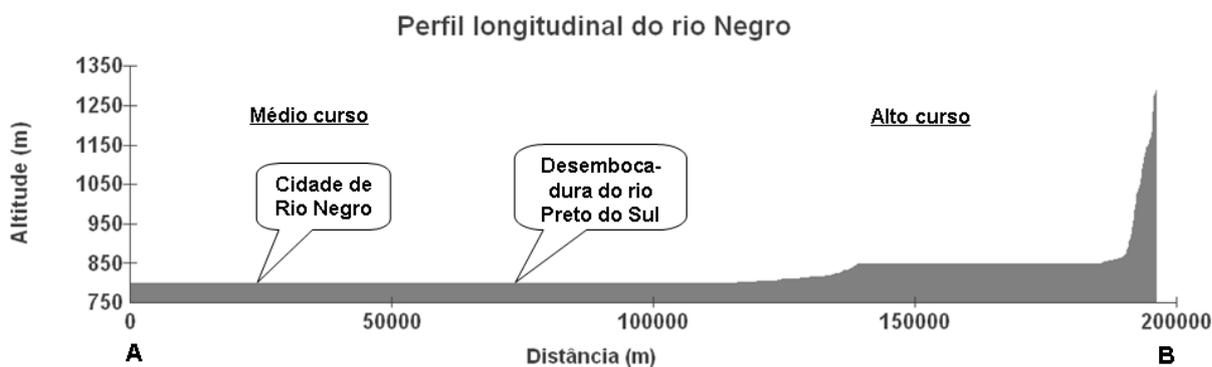
Figura 10 – Hidrografia da bacia hidrográfica do alto e médio cursos do rio Negro.



A bacia hidrográfica do alto e médio cursos do rio Negro apresenta um padrão de drenagem dendrítico ou arborescente, segundo Christofolletti (1980). O canal principal, o rio Negro, possui aproximadamente 200 km de comprimento somando seu alto e médio curso. O canal do rio Negro apresenta grande sinuosidade,

característica que pode ser notada pelo seu comprimento em relação à distância entre a nascente e o final do seu médio curso, com o comprimento de 196 km de canal fluvial em uma distância retilínea de 110 km. O rio Negro apresenta gradiente altimétrico aproximado de 450 m em seu alto e médio curso. As nascentes do rio Negro estão a cerca de 1.250 m de altitude, localizadas nos picos da Serra do Mar e à medida que o rio segue a jusante, alcança a altitudes próximas a 800 m (Figura 11). Conforme o perfil longitudinal nota-se que boa parte do gradiente de 450 m do alto e médio cursos do rio Negro é alcançado já no seu alto curso ficando o médio curso com pouca variação de altitude. O perfil indica também a localização da cidade de Rio Negro e a desembocadura do rio Preto do Sul que ocorrem no médio curso do rio Negro onde a declividade do canal é praticamente nula proporcionando a acumulação de água e lento escoamento á jusante favorecendo a ocorrência de inundação.

Figura 11 – Perfil longitudinal do alto e médio cursos do rio Negro.



4.2.1.4 Uso da terra

De acordo com o Zoneamento Agroecológico de Santa Catarina EPAGRI/CIRAM (2012), o alto e médio cursos do rio Negro encontram-se no domínio da Floresta Ombrófila Mista (FOM). A Floresta Ombrófila Mista é composta pela Floresta de Araucária (espécies predominantes: Pinheiro da Paraná (*Araucaria angustifolia*), Imbuia (*Ocotea porosa*), Sapopema (*Sloanea lasiocoma*), Erva mate (*Illex paraguariensis*), Taquara (*Merostachys multiramea*)), pelos Campos com Capões, Florestas Ciliares e Bosques de Pinheiros, (espécies predominantes: ervas (*Gramíneas*, *Ciperáceas*, *Leguminosas* e *Compostas*)) e Campos de Inundações

(espécies predominantes: capins altos (*Gramíneas*), caraguatás (*Eryngium spp.*) e tiriricas (*Ciperáceas*)). Esse tipo de floresta é característico de locais com altitudes elevadas, superiores a 500 m, com boa distribuição de chuvas ao longo do ano, sem período de seca e com temperatura média anual amena, com quatro a seis meses de frio (temperatura média de 15°C) e com, no máximo, seis meses quentes (temperatura média de 20°C). (RODERJAN et al., 2002⁴, citado por UDA, 2012).

A grande maioria da vegetação natural que cobria os Estados do Paraná e de Santa Catarina foi retirada pela intensa exploração madeireira que movimentou a economia de ambos os estados em décadas passadas, quando a cobertura original foi substituída por culturas agrícolas ou pastagens. A Floresta Ombrófila Mista foi, em grande parte, dizimada pela exploração madeireira, dando lugar à agropecuária e à silvicultura de espécies exóticas para a exploração comercial e, apesar dessa intensa pressão, esse ecossistema encontra-se pouco representado em áreas legalmente protegidas. (PANORAMA DOS RECURSOS HÍDRICOS DE SANTA CATARINA, 2006).

O atual uso da terra da bacia hidrográfica do alto e médio cursos do rio Negro foi reconhecido através do uso de imagens Landsat TM 5, do ano de 2009 destacando quatro principais classes de uso (Figura 12). Fazendo uma análise visual sobre o mapa é possível hierarquizar os seguintes usos da terra:

- Mata: classe identificada pela cor verde, ocupa a maior parte da bacia hidrográfica. Atualmente o principal uso da bacia está destinado às matas e florestas. A classe Mata compreende todo o tipo de vegetação arbórea nativa ou exótica, como o *Pinus Elliotis*.

- Cultivo: classe representada pela cor amarela, com menor representatividade que a classe Mata, se distribui por toda a bacia hidrográfica do alto e médio cursos do rio Negro. A classe Cultivo abrange todos os locais com cobertura de plantas de cultivo e solos expostos relacionados ao uso agrícola.

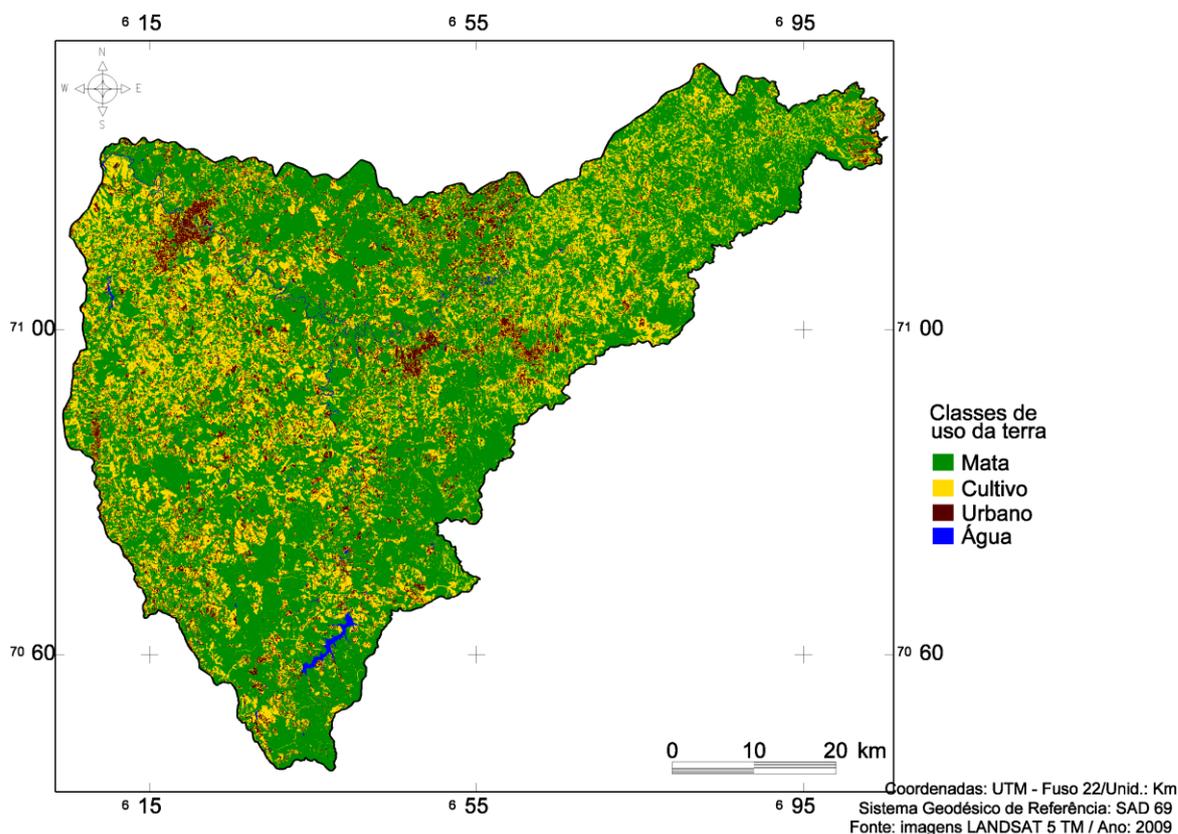
- Urbano: classe identificada pela cor vermelha, representa os locais cobertos por grande concentração de elementos urbanos, ruas, casas e prédios. A bacia hidrográfica não apresenta grandes centros urbanos, identificam-se apenas as cidades de Mafra, Rio Negro, Rio Negrinho e São Bento do Sul que se destacam como manchas vermelhas no mapa. Esta classe também incluiu áreas com

⁴ RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACH, G. G. As Unidades Fitogeográficas do Estado do Paraná. **Ciência & Ambiente**. UFSM, v. 24, p. 75-92, jan/jun 2002.

afloramentos rochosos, devido à semelhança da reflectância dos afloramentos rochosos e dos elementos urbanos, a classificação das imagens não considerou diferenças significativas entre tais elementos. Esta situação pode ser notada no mapa, no extremo leste da bacia, nas nascentes do rio Negro, onde ocorrem afloramentos rochosos junto à Serra do Mar.

- Água: a classe água, com a menor representatividade, identificada pela cor azul, representa os corpos hídricos da bacia hidrográfica. Esta classe destaca a represa Volta Grande, localizada no sul da bacia, construída em 1958 com a finalidade de gerar energia elétrica para uma fábrica de papel.

Figura 12 – Uso da terra da bacia hidrográfica do alto e médio cursos do rio Negro. Classificação de mosaico de imagens Landsat TM 5 do ano de 2009.



4.2.1.5 Clima

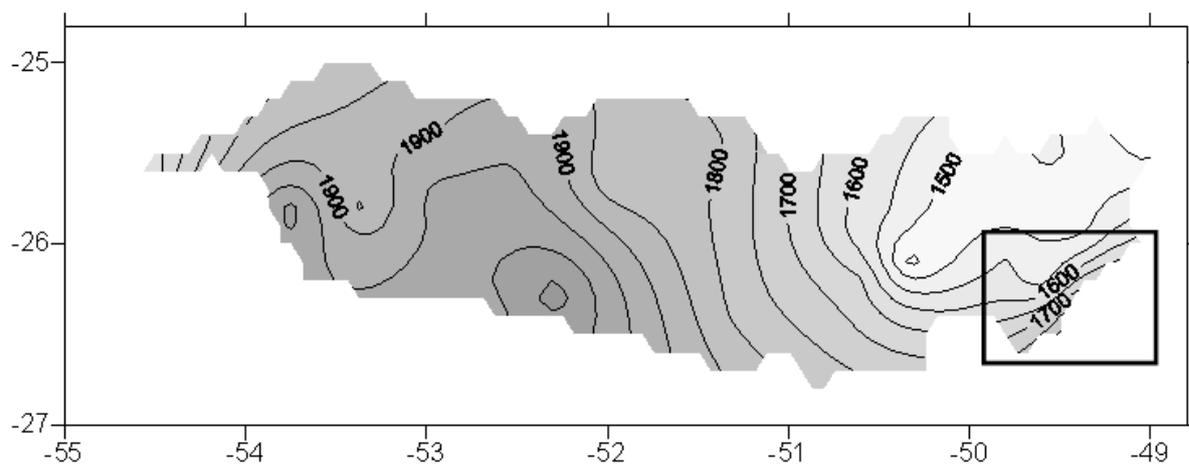
O clima na bacia hidrográfica do alto e médio cursos do rio Negro está relacionado com os sistemas atmosféricos atuantes em toda a região Sul do Brasil. As inundações que ocorrem na cidade de Rio Negro são causadas por chuvas associadas a sistemas atmosféricos que geralmente abrangem os Estados de Santa

Catarina e Paraná e até mesmo de toda a região Sul-brasileira. O clima do Sul do Brasil apresenta contrastes nos regimes de precipitação e temperatura influenciados pela localização da região, na transição entre os trópicos e as latitudes médias e também em função do relevo acidentado. (GRIMM, 2009).

As temperaturas médias mensais da bacia hidrográfica do rio Negro têm grande variação ao longo do ano. As estações de verão e inverno apresentam respectivamente as maiores e menores temperaturas na bacia. Durante o mês de janeiro, as temperaturas médias variam entre 21°C e 23°C e, durante o mês julho, as médias mensais apresentam variações entre 13°C e 15°C. (GRIMM, 2009). Tanto no verão como no inverno, as temperaturas na bacia hidrográfica do rio Negro, apresentam uma distribuição com as maiores temperaturas localizadas na porção leste da bacia e que gradualmente vão diminuindo em direção a região Oeste.

O regime de chuvas também apresenta variações nas médias mensais de precipitação de acordo com cada região da bacia hidrográfica do rio Negro. Os meses de janeiro e abril apresentam, respectivamente, os meses com o maior e menor índices pluviométricos. No mês de janeiro, as precipitações na bacia do rio Negro podem variar entre 180 mm e 250 mm mensais, enquanto que no mês de abril, os índices mensais de chuva variam entre 90 mm e 120 mm. (GRIMM, 2009). As chuvas apresentam distribuição com os maiores volumes localizados na porção leste da bacia do rio Negro e que vão diminuindo gradativamente à medida que seguem para o Oeste. De acordo com Azevedo, Nery e Andrade (sem ano), que realizaram estudo sobre a precipitação pluviométrica na bacia do rio Iguaçu, na porção da bacia hidrográfica do rio Negro, anualmente, os totais pluviométricos variam entre 1.750 mm no sul da bacia e 1.500 mm na região norte (Figura 13).

Figura 13 – Precipitação anual na bacia hidrográfica do rio Iguaçu com destaque para a bacia hidrográfica do rio Negro.



Fonte: AZEVEDO, L. C.; NERY, J. T.; ANDRADE, A. R. Análise da precipitação pluviométrica na bacia do rio Iguaçu. Sem ano. **Anais eletrônico...** Congresso Brasileiro de Meteorologia. Disponível em: www.cbmet.com/.../22-9961b1218d749333e2315a292c85084a.doc. Acesso em: 13 nov. 2012.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 FISIOGRAFIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO NEGRO

A caracterização fisiográfica da bacia hidrográfica do alto e médio cursos do rio Negro foi realizada mediante compilação de dados consultados em várias fontes e também por meio de processamento de dados, como imagens orbitais.

Todos os mapas da caracterização fisiográfica foram elaborados em ambiente SIG utilizando o programa SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) versão 4.3.3.

O mapa de localização teve como fonte a base de dados dos limites municipais disponibilizadas pelo site do IBGE⁵ (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) em arquivos no formato vetor do ano de 2005.

O mapa temático de litologias foi compilado da carta Curitiba, Folha SG 22 em escala 1:1.000.000, (escala de informação 1:250.000) disponibilizada em formato digital, vetor, no site da CPRM⁶ (Serviço Geológico do Brasil).

Os mapas de altimetria, declividade, hidrografia e perfil da bacia foram criados com base em quatro imagens ASTER/GDEM2 (*Advanced Spaceborn Thermal Emission and Reflection Radiometer / Global Digital Elevation Model version 2*) (código das imagens: S26W049 / S26W050 / S27W049 / S27W050) com resolução espacial de 30m, disponibilizadas no site da USGS (*United States Geological Survey*)⁷. A partir da criação de um mosaico com as quatro imagens ASTER foi possível gerar um MNT (Modelo Numérico de Terreno), no programa SPRING, de toda a área da bacia, do qual derivaram as informações de altimetria, declividade, perfis do relevo e hidrografia. O MNT foi gerado a partir da criação de uma grade retangular com 30 m de resolução espacial criada com base nos dados de altitude do relevo oriundos das imagens ASTER e interpolados pelo método “média ponderada quadrática”.

Com a criação do MNT, utilizando ferramentas específicas do programa SPRING, foi possível gerar mapas de: altimetria, destacando as altitudes do relevo com classes de 50 m em 50 m; declividade, identificando a declividade do terreno

⁵ Site: http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/default_prod.shtm

⁶ Site: <http://geobank.sa.cprm.gov.br/>

⁷ Site: <https://lpdaac.usgs.gov/>

com as classes 0% a 3%, 3% a 8%, 8% a 20%, 20% a 45% e >45%, de acordo com o Manual Técnico de Geomorfologia do IBGE (2009); hidrografia, utilizando a ferramenta “processos hidrológicos” do programa SPRING identificando os principais rios da bacia; e perfil do rio negro utilizando a ferramenta “perfil” que demonstra a amplitude altimétrica do alto e médio curso do rio Negro.

Também foi elaborado um mapa temático de classes de solos da bacia compilado dos mapas: “Mapa de Levantamento de Reconhecimento de solos do Estado do Paraná (2008) e Mapa de Levantamento de Reconhecimento de Solos do Estado de Santa Catarina (2004)”, disponível em formato de vetor no site da EMBRAPA⁸ com informações em escala 1:250.000.

A classificação do uso da terra da bacia teve como fonte de dados duas imagens do sensor Landsat 5 TM, código das imagens: L5TM221/78 (data do imageamento: 20/09/2009) e L5TM220/78 (data do imageamento 05/03/2009) disponibilizadas pelo catálogo de imagens no site do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais)⁹. As imagens Landsat têm resolução espacial de 30m. A classificação foi realizada no programa SPRING através do método *MaxVer* (Máxima Verossimilhança), classificador supervisionado por pixel em que previamente são selecionadas amostras para o treinamento do classificador. Foram estabelecidas 4 classes de uso da terra: cultivo, mata, urbano e água, possibilitando compreender o atual uso da bacia hidrográfica do rio Negro. Devido à semelhança entre as respostas do espectro eletromagnético das imagens (cores), as classes urbano e cultivo tiveram uma pequena confusão espectral de cerca de 8%. As demais classes obtiveram resultados 100% distintos das demais.

5.2 LEVANTAMENTO DE DADOS HISTÓRICOS

Em um primeiro momento da pesquisa buscou-se levantar todo material relacionado ao histórico das inundações na cidade de Rio Negro. Foram consultados antigos jornais e livros do acervo da Biblioteca Municipal de Rio Negro. Este resgate histórico teve como objetivo reconhecer o quão antigo é o evento de inundação na cidade, qual a sua magnitude e relacioná-los com as inundações atuais procurando características similares ou diferentes.

⁸ Site: <http://mapoteca.cnps.embrapa.br/>

⁹ Site: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>

A pesquisa em jornais antigos e livros foi realizada junto ao acervo da Biblioteca Municipal de Rio Negro. O documento mais antigo consultado foi o jornal intitulado “O RIO-NEGRENSE”, edição de 1929, que, até a data de sua publicação, fez uma cronologia de todos os eventos de inundação ocorridos na cidade. Entre os livros pesquisados, três publicações citavam as inundações na cidade de Rio Negro: “Paraná – Santa Catarina: Centenário da Colonização Allemã - Rio Negro-Mafra 1829-1929” editado no ano de 1929; “História de Rio Negro – Estado do Paraná” publicado no ano de 1976; e “Colônia Lucena – Itaiópolis: Crônica dos Imigrantes Poloneses” publicado no ano de 2002. O jornal e os livros consultados citam os eventos de inundação, que tiveram importância de registro, ocorridos entre os anos de 1888 e 1925.

Também foi consultado um documento intitulado “Histórias e Registros de Nossas Grandes Enchentes”, uma publicação de circulação local que apresenta os resultados dos trabalhos da Comissão Regional de Prevenção Contra as Cheias do Rio Negro – CORPRENE. No ano de 1993, as prefeituras das cidades de Mafra/SC e Rio Negro/PR, a exemplo da cidade de União da Vitória, criam sob forma de lei a CORPRENE, atendendo a uma iniciativa do Clube Soroptimista Internacional de Rio Negro. Esta comissão tinha por objetivo conhecer e estudar as causas das cheias, como também apontar soluções que minimizassem ou eliminassem os efeitos decorrentes das inundações. A comissão era composta por membros representantes de toda a sociedade local. Como resultado dos trabalhos dessa comissão, foi escrito um documento abordando alguns aspectos relacionados com as inundações e o que fora constatado até o momento de sua publicação, em setembro de 2005, cujo material é assinado pelo Sr. Lourival Roberto Pasternak, secretário da comissão.

Este documento aborda os principais aspectos relacionados com as inundações nas cidades de Mafra e Rio Negro, dando ênfase às grandes cheias ocorridas nos anos de 1983 e 1992. Neste material encontram-se alguns relatos históricos resgatados de livros que versam sobre a ocupação humana nessa região, alguns dados numéricos sobre registros pluviométricos e cotas de rio e também algumas fotos antigas. Apesar de não trazer uma análise aprofundada sobre as inundações causadas pelo rio Negro nas cidades de Mafra e Rio Negro, este documento é de grande importância pela iniciativa da sociedade e pela reunião de informações como um primeiro estudo relacionado ao entendimento das inundações.

A partir do ano de 1923, a cidade de Rio Negro passou a fazer os seus registros de precipitação e, no ano de 1930, a fazer os registros de cota e vazão do rio Negro, o que possibilita identificar através das cotas alcançadas pelo rio Negro, os episódios de inundação de 81 anos (1930 a 2011).

5.3 IDENTIFICAÇÃO DAS INUNDAÇÕES

A identificação dos eventos de inundação foi realizada com base nos registros da série histórica da estação fluvial denominada “Rio Negro” (código ANEEL: 65100000) instalada na margem direita do rio Negro junto ao centro da cidade homônima. A série histórica foi disponibilizada pelo Águas Paraná (Instituto das Águas do Paraná), órgão do governo estadual encarregado pelo controle das águas no estado.

Para a identificação dos eventos de inundação na série histórica, primeiramente foi preciso estabelecer o limite entre a situação de enchente/cheia e inundação na cidade de Rio Negro. A cota de 6,90 m de lâmina de água do rio Negro foi estabelecida como sendo o limite entre enchente e inundação na cidade. Segundo a coordenação da Defesa Civil do Município de Rio Negro, o primeiro ponto de inundação na cidade, rua Francisca de Almeida, é alcançado quando o rio Negro alcança a marca de 6,90 m de lâmina e suas águas extravasam o seu canal avançando sobre a cidade.

Após o estabelecimento da cota limite, identificando a cota de início de uma inundação, foram analisados os registros da série histórica da estação fluviométrica da cidade de Rio Negro para identificar a ocorrência das inundações e as datas de quando aconteceram.

A série histórica da estação fluviométrica Rio Negro compreende um período de 81 anos de registros (1930 a 2011) de dados diários de vazão e cota do rio Negro. Nesse período de 81 anos, o rio Negro apresenta uma cota média de 1,61 m de lâmina de água, número obtido pela soma das médias anuais das cotas médias do rio Negro entre 1930 e 2011 divididos pelos 81 anos de registros.

Analisando os registros diários das cotas do rio Negro na série histórica, é possível identificar em qual data (dia, mês e ano) a cota do rio Negro apresenta número superior da marca da média de 1,61 m de lâmina de água. Quando é identificada uma cota superior da média do rio Negro, faz-se uma análise dos dias

seguintes a este para observar se a cota do rio se mantém em ascensão, registros de cotas maiores a cada dia, e se é alcançada a cota de 6,90 m do rio, assim caracterizando um evento de inundação. Uma vez que se identifica que o rio alcançou a cota de 6,90 m, caracterizando um evento de inundação, são analisadas a cota máxima alcançado pelo rio naquele período e os dias de início e final do evento, quando a cota do rio ultrapassa a média e quando o rio volta à marca de 1,61 m, respectivamente.

5.4 ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DAS CHUVAS DURANTE AS INUNDAÇÕES

A chuva é o elemento deflagrador das inundações, é ela quem faz aumentar os volumes de água dos rios e que, dependendo da sua intensidade e continuidade, causam as cheias e consequentes transbordamentos dos canais.

Conhecer as características físicas das chuvas que causam inundação é de fundamental importância na compreensão de todo o processo que causa as cheias do rio Negro. Os principais aspectos relacionados com as chuvas (origem, volume, duração e frequência), podem ser identificados tomando como base as séries históricas.

Para realizar a análise das características das chuvas que causam inundação na cidade de Rio Negro, foi necessário analisar várias séries históricas de estações pluviométricas e fluviométricas instaladas no interior e no entorno da bacia hidrográfica do rio Negro. No total, foram consultadas 23 séries históricas de estações administradas pela ANA (Agência Nacional das Águas), Águas Paraná (Instituto das Águas do Paraná) e COPEL (Companhia Paranaense de Energia) (Quadros 7 e 8; Figura 14). As séries históricas das estações administradas pelo Águas Paraná e pela COPEL foram disponibilizadas pelo Águas Paraná e as séries históricas das estações administradas pela ANA estão disponíveis no próprio site, na página HIDROWEB¹⁰. As séries históricas consultadas apresentam informações diárias de pluviometria, vazão e cota de rio dentro do período respectivo à data de instalação e extinção (algumas estações foram desativadas) de cada estação.

¹⁰ Site: <http://hidroweb.ana.gov.br/>

Em um primeiro momento, na identificação das características das chuvas foram analisadas as séries históricas de duas estações: uma pluviométrica (código 02649006) e uma fluviométrica (código 65095000) apenas da cidade de Rio Negro para identificar os mínimos, máximos e médios volumes mensais de precipitação na cidade e suas relações com os eventos de inundação registrados na cidade. As médias mensais de precipitação foram obtidas com base nos registros de chuvas no período de 1922 a 2011, na cidade, somando as médias mensais de cada ano divididas pelo número de anos analisados. Os eventos de inundação e suas respectivas datas de ocorrência (mês) foram identificados com base na análise da série histórica da estação fluviométrica, no período de 1930 a 2011, identificando as cotas do rio Negro acima dos 6,90 m, cota de inundação na cidade. A relação entre as médias pluviométricas mensais e o número de eventos de inundação em cada mês demonstra em qual época do ano se tem maior incidência de inundações e se existe uma relação com o período de maior volume de chuvas no ano.

Em um segundo momento, foi realizado uma análise com os totais anuais acumulados de precipitação nos anos de ocorrência de inundação. Com base na série histórica da estação pluviométrica de Rio Negro e na identificação dos eventos de inundação ocorridos, foram comparados os totais de chuva anual, nos anos de ocorrência de inundação, a fim de estabelecer uma relação entre totais anuais de chuva e as inundações.

Por último, foram selecionados 10 eventos de inundação ocorridos na cidade de Rio Negro para fazer uma análise mais abrangente, considerando a pluviometria de toda a bacia hidrográfica do alto e médio curso do rio Negro. As inundações que ocorrem na cidade de Rio Negro, ocasionadas pelas cheias do rio, possuem relação com toda a bacia hidrográfica a montante da cidade. A fim de estabelecer essa relação das inundações na cidade de Rio Negro com a bacia hidrográfica do rio Negro, foram espacializadas as chuvas que caíram por toda a área da bacia a montante da cidade no período (dias) correspondente a ocorrência das 10 inundações selecionadas.

Quadro 7 - Estações pluviométricas utilizadas na pesquisa.

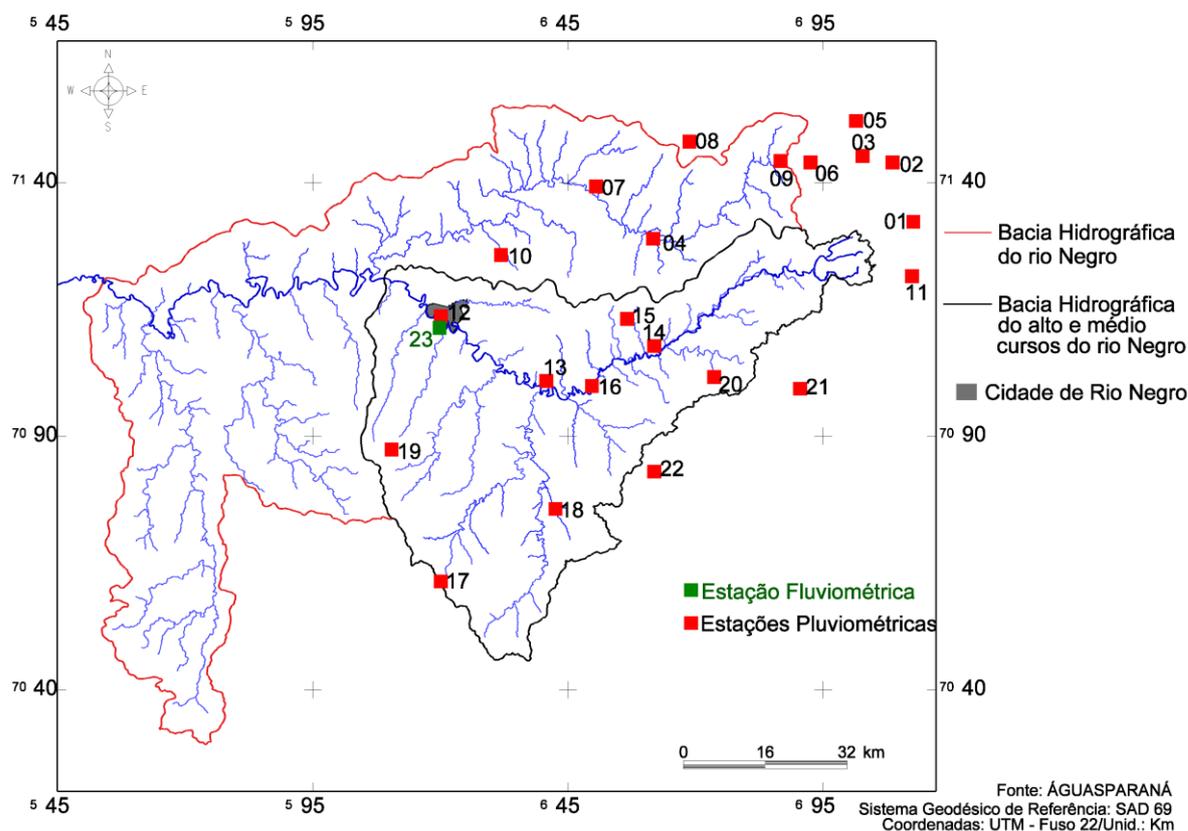
Nº	Código	Nome	Coordenadas UTM/SAD69	Altitude (m)	Tipo de dados	Ano de instalação (ano quando extinta)	Responsável
01	02548020	Pedra Branca Araraquara	7131868 / 712058	150	<u>P</u>	1962	ÁGUASPARANÁ
02	02548052	Ilha do Rio Claro	7143438 / 708174	237	<u>P</u>	1974	ÁGUASPARANÁ
03	02548074	Barragem Salto do Meio	7144952 / 702233	740	<u>P</u>	1985 (2000)	COPEL
04	02549003	Rio da Várzea dos Lima	7128896 / 661917	810	<u>PPR</u>	1940	ANA
05	02549007	Usina Guaricana	7152369 / 700671	750	<u>P</u>	1953 (2000)	COPEL
06	02549008	Vossoroca	7143258 / 692180	805	<u>P</u>	1948 (2000)	COPEL
07	02549061	Quitandinha	7138265 / 650339	820	<u>P</u>	1975	ANA
08	02549062	Mandirituba	7148019 / 668050	920	<u>PPRT</u>	1974	ÁGUASPARANÁ
09	02549063	Rincão	7143356 / 685494	913	<u>P</u>	1975	ÁGUASPARANÁ
10	02549076	Campo do Tenente	7125536 / 631828	780	<u>P</u>	1981	ANA
11	02648027	Garuva	7120794 / 711876	80	<u>P</u>	1976	ANA
12	02649006	Rio Negro	7111648 / 619894	770	<u>PPR</u>	1922	COPEL
13	02649016	Rio Preto do Sul	7099610 / 639904	780	<u>P</u>	1951	ANA
14	02649018	Fragosos	7106738 / 661647	790	<u>PPR</u>	1967	COPEL
15	02649046	Piên	7112342 / 656713	840	<u>P</u>	1975 (1993)	ÁGUASPARANÁ
16	02649048	Posto Rodrigues	7099494 / 649896	820	<u>P</u>	1975 (1991)	ÁGUASPARANÁ
17	02649054	Moema	7061038 / 619577	950	<u>P</u>	1976	ANA
18	02649055	Corredeira	7075567 / 642964	750	<u>P</u>	1976	ANA
19	02649056	Itaiópolis	7086985 / 609824	990	<u>PPR</u>	1976	ANA
20	02649057	Campo Alegre	7101050 / 673229	870	<u>P</u>	1976	ANA
21	02649060	Primeiro Salto Cubatão	7098970 / 689864	790	<u>PPR</u>	1951	ANA
22	02649064	Rio Novo	7082737 / 661337	800	<u>P</u>	1984	ANA

P = pluviométrico P = estação com pluviômetro; R = estação com pluviógrafo; T = estação telemétrica.

Quadro 8 - Estação fluviométrica utilizada na pesquisa.

Nº	Código	Nome	Coordenadas UTM/SAD69	Altitude (m)	Tipo de dados	Ano de instalação (ano quando extinta)	Responsável
23	65100000	Rio Negro	7131868 / 712058	766	FQDST	1930	COPEL
<p>F = estação com escala para observação de nível d'água; Q = estação de qualidade de água; D = estação com medição de descarga líquida; S = estação com medição de descarga sólida; T = estação telemétrica.</p>							

Figura 14 – Mapa de distribuição das estações pluviométricas e fluviométrica.



Os 10 eventos de inundação foram selecionados com os seguintes critérios:

- primeiro: disponibilidade de dados. Procurou-se selecionar os eventos de inundação ocorridos em períodos com o maior número de disponibilidade de dados de chuva dentro das séries históricas das 22 estações pluviométricas consultadas, espalhadas pela bacia hidrográfica e entorno. Das 22 estações apenas 14 possuem séries históricas com períodos mais antigos ao ano de 1976, o que resulta em pouca informação para análise espacial das chuvas em toda a bacia. Dessa forma, os eventos de inundação ocorridos até o ano de 1976 não puderam ser analisados por falta de dados de série histórica. A partir do ano de 1976, a bacia hidrográfica e entorno já contavam com 19 estações pluviométrica, dentre elas, 3 estações instaladas na porção sul da bacia, área, até então, deficiente em estações pluviométricas.
- segundo: variedade nas cotas máximas alcançadas pelo rio Negro, ou seja, a magnitude das inundações. Procurou-se selecionar eventos de inundação com variadas magnitudes para estabelecer a relação das chuvas com os diferentes volumes alcançados pelas inundações.

- terceiro: época do ano de ocorrência das inundações. Buscou-se escolher eventos de inundação que tivessem ocorridos em diferentes meses do ano para tentar estabelecer uma relação entre as estações do ano e as características das chuvas que causaram as inundações.
- quarto: distribuição temporal dos eventos de inundação. Procurou-se selecionar eventos em todo o período entre os anos de 1976 a 2011, para tentar identificar possíveis variações nas características das chuvas e inundações nesse período de tempo.

Uma vez que foram selecionados os 10 eventos de inundação ocorridos na cidade de Rio Negro, foi preciso estabelecer as datas de início e término do processo de inundação para identificar qual o período de chuva que causou os eventos. O processo de inundação abrange todo período em que se dá a inundação, desde as primeiras chuvas com o aumento no volume de água dos rios, até quando o rio retorna a sua cota média. Para estabelecer as datas inicial e final do processo de inundação, foi analisada a série histórica da estação fluviométrica de Rio Negro buscando as cotas alcançadas pelo rio Negro nas 10 inundações já identificadas no histórico das inundações. Reconhecidas a cota máxima do rio Negro e a data de ocorrência nos 10 eventos selecionados, procurou-se analisar as cotas do rio Negro nas datas que precederam e sucederam o pico máximo da inundação para saber a partir de qual data a cota do rio Negro sofreu uma variação positiva em sua média, 1,61 m, caracterizando o início do processo de inundação. Da mesma forma, após o pico da inundação, quando as cotas do rio Negro tendem a baixar, procurou-se identificar a data final do processo de inundação com o rio alcançando a cota média de 1,61 m.

Com a identificação das datas de início e término dos processos de inundação dos 10 eventos selecionados, a etapa seguinte foi verificar o total acumulado de chuva nas 22 estações pluviométricas no período condizente com o processo de inundação para gerar os mapas de chuva. O acumulado total compreende todo o volume precipitado desde o primeiro dia considerado como o dia inicial do processo de inundação até o dia quando o rio retorna a sua cota média. Foram somados todos os totais diários de precipitação registrados nas séries históricas das 22 estações. Dessa forma foi possível reconhecer quais os totais precipitados na bacia hidrográfica do rio Negro e qual a porção da bacia que mais contribui para a ocorrência das inundações na cidade de Rio Negro.

Reconhecidos os totais de precipitação de cada estação para o período correspondente ao processo de inundação, os totais foram espacializados em mapa identificando com isoietas os totais de chuva para cada região da bacia. Os mapas de distribuição das chuvas foram gerados no programa *Surfer 8* com os dados de chuva inseridos no programa em formato de tabela. Cada tabela, criada no programa *Microsoft Office Excel 2003*, corresponde a um dos 10 eventos de inundação selecionados com colunas identificando as coordenadas (UTM) de cada estação pluviométrica utilizada e os totais de chuva registrados naquela estação para aquele período. Os mapas de chuva foram elaborados utilizando como método de interpolação dos dados pluviométricos o modelo da “Krigagem”. Segundo o estudo de Souza et al. (2011), que testou vários interpoladores de dados de chuva, o método da krigagem é o que gera melhores representações, a krigagem apresenta-se como o método mais apto a espacialização de fenômenos pluviométricos possibilitando a geração de cartas de isoietas com boa fidelidade aos dados amostrados.

5.5 ANÁLISE DA DINÂMICA DAS PRECIPITAÇÕES, VAZÕES E COTAS DO RIO NEGRO DURANTE OS EVENTOS DE INUNDAÇÃO

Para compreender o processo de inundação em um rio é preciso analisar três elementos principais relacionados com o aumento do volume de água: a precipitação, a vazão e a cota do rio. A água que chega até o rio, oriunda da precipitação, é o que “alimenta” o processo de inundação que tem como resposta um aumento na vazão do rio e a ascensão das cotas de lâmina de água.

A análise da dinâmica das precipitações, vazões e cotas do rio Negro tem como objetivo reconhecer o comportamento da vazão do rio Negro, junto à cidade de Rio Negro, relacionando com as médias diárias de precipitação na bacia hidrográfica do rio Negro durante os eventos de inundação.

Essa análise foi realizada com base em gráficos que representam os registros diários de vazão e precipitação média da bacia hidrográfica do rio Negro durante o período estabelecido como processo de inundação.

Da mesma forma que foi elaborada a análise da distribuição das chuvas pela bacia hidrográfica do rio Negro, selecionando dez eventos de inundação que ocorreram na cidade de Rio Negro, a análise da dinâmica das precipitações, vazões

e cotas do rio também seguiu esse método. Os eventos de inundação selecionados são os mesmos já escolhidos para a espacialização das chuvas.

Essa análise foi realizada observando os dados de vazões e chuvas registrados durante o mesmo período de ocorrência dos 10 eventos de inundação selecionados para análise da distribuição das chuvas. A análise das vazões e precipitações também foi baseada em registros diários das séries históricas de estações pluviais e da estação fluvial de Rio Negro para os mesmos períodos considerados durante o processo de inundação nos eventos selecionados (Quadro 9).

Quadro 9 – Estações pluviométricas e fluviométrica utilizadas na análise de vazão do rio Negro e média de precipitação na bacia hidrográfica do rio Negro durante os dez eventos de inundação selecionados.

Nº *	Código	Nome	Tipo	Altitude (m)	Ano de instalação (ano quando extinta)
12	02649006	Rio Negro	P	770	1922
13	02649016	Rio Preto do Sul	P	780	1951
14	02649018	Fragosos	P	790	1967
15	02649046	Piên	P	840	1975 (1993)
16	02649048	Posto Rodrigues	P	820	1975 (1991)
17	02649054	Moema	P	950	1976
18	02649055	Corredeira	P	750	1976
19	02649056	Itaiópolis	P	990	1976
20	02649057	Campo Alegre	P	870	1976
26	65100000	Rio Negro	F	766	1930

Nota*: os números (Nº) do Quadro seguem a ordem de identificação das estações na Figura 14.

Os dados diários de vazão foram tabulados no programa *Microsoft Office Excel 2003* e representados em forma de gráficos com informações dos registros da estação fluviométrica de Rio Negro. Em cada gráfico, correspondente a cada um dos 10 eventos de inundação, foram representados os registros diários de vazão e as médias diárias de precipitação na bacia hidrográfica do rio Negro.

As médias de precipitação da bacia do rio Negro foram reconhecidas tomando como base apenas os registros das séries históricas das estações pluviais instaladas no interior da bacia. Dessa maneira, foram considerados os índices

pluviométricos que realmente atingiram a bacia do rio Negro, uma vez que as chuvas registradas nas estações instaladas fora a área de drenagem da bacia não influenciam no aumento de vazão do rio Negro. A partir do estabelecimento das datas de início e término do processo de inundação, foram consultadas as séries históricas das estações pluviais para reconhecimento dos totais diários de precipitação. Foram consultadas as séries históricas de nove estações pluviométricas. Os registros diários de chuva de cada estação foram tabulados no programa *Microsoft Office Excel 2003* para que fosse estabelecida a média de chuva para cada dia do processo de inundação. As médias de precipitações diárias foram obtidas somando os valores de precipitação acumulada para o mesmo dia nas nove estações consultadas. O valor resultante da soma das precipitações diárias foi dividido pelo número de estações consultadas resultando na média aritmética de chuva diária para cada dia na bacia hidrográfica do rio Negro. A opção pela identificação da média aritmética das chuvas na bacia se deve pela melhor representação da relação dos volumes de chuva com o aumento da vazão do rio Negro na cidade de Rio Negro. Depois de reconhecidas as vazões diárias e as médias diárias de chuvas, foram criados gráficos representando os dados.

5.6 CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DA CIDADE DE RIO NEGRO

A caracterização geomorfológica da cidade de Rio Negro teve como objetivo reconhecer as características do relevo da área urbana da cidade e relacioná-lo com a ocorrência das inundações. Essa caracterização geomorfológica da área urbana de Rio Negro foi realizada com base em observações em campo e em mapas topográficos digitais cedidos pela Prefeitura Municipal.

As observações em campo consistiram no reconhecimento das áreas suscetíveis a inundações na cidade de Rio Negro e na observação e identificação prévia das formas de relevo das áreas urbanas, principalmente daquelas localizadas próximas à margem do rio Negro.

Após as observações em campo, foram analisados os mapas topográficos da cidade de Rio Negro disponibilizados pela Prefeitura Municipal de Rio Negro. Estes mapas topográficos recobrem toda a área urbana de Rio Negro somando um total de 32 cartas em escala 1:2.000, atualizadas em 2011. As 32 cartas possuem

representação das ruas e lotes da cidade e curvas de nível com equidistância de 1 metro.

As 32 cartas, em formato digital, foram importadas e mosaicadas no programa SPRING 4.3.3. Com as curvas de nível do mosaico de cartas foi possível criar um MNT gerado a partir de uma grade retangular com resolução de 1 x 1 metro interpolada pelo método “média ponderada quadrática”, do qual derivou mapas e perfis do relevo. A grade retangular criada também foi posteriormente exportada para o programa *Surfer 8* para ser gerado um modelo tridimensional da cidade de Rio Negro para espacializar as unidades geomorfológicas identificadas. A partir do MNT foi possível elaborar mapas de altimetria e declividade para identificar as altitudes e a inclinação do relevo da cidade. A altimetria foi representada em classes destacando o relevo de 10 m em 10 m. As classes de declividade utilizadas no mapa estão de acordo com o Manual Técnico de Geomorfologia do IBGE (2009).

Os perfis do relevo da cidade foram criados no programa SPRING, com base no MNT gerado, e posteriormente exportados para o programa BioEstat 5.0 que proporciona melhor qualidade gráfica para os perfis. Foram traçados dez perfis perpendiculares ao longo da margem direita do rio Negro distribuídos pela área urbana da cidade com o intuito de identificar, através da topografia do terreno, as formas do relevo. Os perfis possuem entre 400 e 700 m de comprimento, distância suficiente para abranger toda a área entre a margem direita do rio Negro até a base das vertentes, locais verificados em campo sem registros de inundação.

Após a observação da geomorfologia em campo e utilizando os mapas e perfis derivados das cartas topográficas, as unidades geomorfológicas identificadas foram espacializadas, primeiramente de forma automática no programa SPRING, utilizando a ferramenta de “fatiamento” do relevo, considerando a sua altitude de ocorrência para facilitar na localização de cada unidade. Posteriormente, de forma manual, não automática, com base na espacialização automática e na análise de campo, dos mapas e dos perfis, foram traçados polígonos destacando a localização e os limites de ocorrência de cada unidade geomorfológica.

Por fim, foi gerado um mapa tridimensional de unidades geomorfológicas da cidade de Rio Negro destacando a localização de cada unidade identificada.

5.7 IDENTIFICAÇÃO DA FREQUÊNCIA E MAGNITUDE DE INUNDAÇÃO E MAPEAMENTO

A identificação da frequência e magnitude das inundações que ocorreram na cidade de Rio Negro, com base na série histórica da estação fluvial Rio Negro (1930 - 2011), tem como objetivo organizar os dados para serem espacializados em um mapa indicando os locais atingidos pelas inundações e com qual frequência e magnitude esse locais podem ser afetados. Estes dados também serviram para a análise do Tempo de Retorno das inundações na cidade de Rio Negro.

Para a identificação da frequência e magnitude das inundações, foram analisados todos os eventos de inundação registrados na série histórica da estação fluviométrica Rio Negro. Os eventos de inundação analisados correspondem às cotas máximas de inundação do rio Negro identificadas no tópico histórico das inundações.

As cotas máximas do rio Negro que representam cada evento de inundação foram tabuladas no programa BioEstat 5.3 para definição das classes frequência das cotas máximas do rio utilizando a ferramenta de “Tabela de frequência” do programa. A “Tabela de frequência” foi ajustada para gerar três classes de frequência de inundação representando as cotas que apresentam alta, média e baixa frequência de ocorrência na cidade de Rio Negro e que respectivamente demonstram a frequência com que as inundações atingem a cidade e quais as magnitudes mais comuns.

5.7.1 Mapeamento das áreas de inundação

A partir do reconhecimento das classes de frequência e suas respectivas cotas máximas e mínimas atingidas pelo rio Negro, foi possível elaborar um mapa espacializando as classes de inundação e os respectivos locais atingidos pelas inundações.

O mapa de frequência e magnitude de inundações foi elaborado utilizando os números das cotas máximas e mínimas do rio Negro de cada classe de frequência e as cotas de altitude da área urbana de Rio Negro.

De acordo com os dados de identificação da estação fluvial de Rio Negro e da Secretaria de Obras da Prefeitura Municipal de Rio Negro, o zero da régua da

estação fluvial de Rio Negro, instalada no rio Negro, encontra-se na altitude de 766 m acima do nível do mar e que essa altitude está ajustada com as altitudes representadas nos mapas topográficos disponibilizados pela prefeitura da cidade de Rio Negro. Em conversa com os técnicos do Águas Paraná, órgão estadual responsável pela manutenção da estação fluvial de Rio Negro, esta estação é visitada, em média a cada três meses, para serem verificados os equipamentos, a precisão da régua de cota do rio Negro e realizar medições de vazão.

Sabendo que o zero da régua do rio Negro corresponde à altitude de 766 m, e considerando as cotas máximas e mínimas de cada classe de frequência de inundação, foi possível estabelecer quais os locais inundados e sua respectiva classe de frequência de inundação demonstrando os locais com alta, média e baixa frequência de inundação e também localizando as áreas atingidas nos eventos de alta, média e baixa magnitude.

A partir do estabelecimento da altitude do zero da régua do rio Negro, é possível extrapolar para a área urbana da cidade de Rio Negro as cotas mínimas e máximas atingidas pelo rio. Cada classe terá uma cota mínima e uma máxima que limita a abrangência da classe, dessa forma, faz-se uma relação entre a altitude do zero da régua e a cota do rio. Ou seja, cada metro registrado na régua do rio Negro equivale à variação de um metro na altitude. Assim, para cada metro que o rio oscila na régua, é também um metro que oscila na altitude. Por exemplo, a altitude do zero da régua é de 766 m, quando o rio apresenta uma cota de 1m de lâmina de água, respectivamente a cota máxima do rio estará na altitude 767 m e assim sucessivamente.

Com base nas classes de frequência de inundação e suas respectivas cotas altimétricas, é possível espacializar em forma de mapa as áreas sujeitas à inundação e com qual frequência o rio costuma alcançar esses locais. Para a espacialização das classes foi utilizado o mosaico com as 32 cartas topográficas da cidade de Rio Negro disponibilizada pela Prefeitura Municipal de Rio Negro.

Utilizando as curvas de nível do mosaico de cartas topográficas, no programa SPRING 4.3.3, foi criado um MNT da área urbana de Rio Negro. O MNT foi criado com base em uma grade retangular com resolução de 1m x 1m interpolada pelo método da “média ponderada quadrática”. Após a criação do MNT, utilizando a ferramenta de “fatiamento” do programa SPRING, foram espacializadas as áreas correspondentes aos locais atingidos pelas inundações de acordo com as classes de

frequência de inundação considerando as cotas máximas e mínimas de cada classe e a altitude do zero da régua do rio Negro onde são feitas as leituras de cota do rio. No total o mapa de espacialização das inundações teve cinco classes correspondendo a cinco áreas diferentes relacionadas com as inundações. A primeira classe representa as áreas de enchente, quando a cheia do rio Negro ainda encontra-se ocupando o canal do rio; a segunda classe representa os locais com alta frequência de inundação e baixa magnitude; a terceira classe representa as áreas com média frequência de inundação com média magnitude; a quarta classe representa os locais atingidos com baixa frequência de inundação e alta magnitude; e, a quinta classe demonstra as áreas sem registros de inundação.

Com a espacialização das classes de frequência de inundação sobre o mosaico de cartas da cidade de Rio Negro, também foi possível identificar o número de lotes atingidos em cada classe de inundação.

Após a elaboração do mapa identificando as áreas inundadas, foi realizada uma verificação dos dados através de observação de fotos antigas, jornais e relatos de moradores.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 HISTÓRICO DAS INUNDAÇÕES NA CIDADE DE RIO NEGRO

A cidade de Rio Negro ao longo de toda sua história, desde a instalação dos primeiros habitantes junto às margens do rio Negro e, ao longo de toda a sua evolução administrativa como cidade, sofreu com as inundações do rio Negro. Observando antigos registros bibliográficos da cidade é possível notar que as cheias do rio Negro sempre fizeram parte do cotidiano da sociedade Rionegrense. A inundação mais antiga do rio Negro de que se tem registro documentado data do ano de 1888, mencionada no jornal “O Rio-Negrense” editado no ano de 1929. Ainda neste mesmo jornal, há um destaque para a inundação ocorrida no ano de 1891, no mês de junho, cujo evento era tido como a maior inundação de que se tinha notícia até o momento, com as águas alcançando o nível da ponte metálica, ainda hoje utilizada como ligação entre as cidades de Rio Negro e Mafra. No período entre os anos de 1877 e 1929, anos pesquisados pelo jornal “O Rio-Negrense”, ocorreram seis inundações que tiveram importância de registro e que foram citadas pelo jornal, como pode ser observado pelo texto abaixo que transcreve o conteúdo da matéria publicada.

O Rio Negro e suas enchentes:

Extraído de notas particulares de 1877, conseguimos reunir aqui as enchentes do rio Negro, de então a esta parte.

No mês de outubro de 1888, o rio transbordava, alcançando algumas casas sitas às suas margens, prejudicando-as em grandemente, com a invasão das águas.

Em junho do ano de 1891 verificou-se a maior enchente do rio, cujas águas avançaram sobre as suas margens em grande extensão, arrastando diversas pontes e cobrindo muitas casas, algumas das quais ficaram bastante avariadas e outras completamente destruídas.

Em maio de 1898 nova enchente do rio se registrava assumindo grandes proporções.

No ano de 1910, também o rio avança com suas águas sobre as suas margens, ficando inundada aqui na cidade a Praça do Registro, ou melhor, Barão de Antonina, penetrando água no depósito da firma Kirchner & Cia do qual se retiraram as mercadorias com canoas.

Em 1913 outra enchente prejudicava em grande parte a lavoura e quase alcançava novamente o depósito dos Srs. Kirchner & Cia, como também se vê do clichê que publicamos.

Em 1925 houve ainda uma outra enchente também de notável proporção.

Estas foram as principais enchentes, que no espaço de 52 anos a esta parte o Rio Negro assistiu, sendo certo todavia que tantas outras houveram, porém, não tão dignas de registros.

Provavelmente, antes de 1877, isto é, desde que se fundou a povoação do Rio Negro até esse ano, quantas outras enchentes mereceriam figurar aqui, mas delas não há mínima notícia, em qualquer registro.

Entretanto, apenas tradicionalmente, sabe-se ter existido uma formidável enchente do rio Negro cerca de 15 anos antes da época que tomamos para ponto de partida, a qual teria assumido proporções tão idênticas, senão maiores que a famosa enchente de junho de 1891.

Como não se ignora, esta última elevou-se ao nível da ponte metálica, que liga atualmente esta cidade a cidade de Mafra/SC, construída pelo governo do Paraná e inaugurada no ano de 1896. (JORNAL "O RIO-NEGRENSE", 1929).

Outro documento consultado foi o livro "Paraná – Santa Catarina: Centenário da Colonização Allemã - Rio Negro-Mafra 1829-1929", editado no ano de 1929 e que também comenta sobre a grande inundação ocorrida no ano de 1891, e faz uma pequena descrição dos efeitos causados pelas cheias do rio Negro e outros rios da região. Segue abaixo a transcrição na íntegra do parágrafo sobre a grande inundação de 1891 publicado no livro.

Diversas – Junho de 1891 – Houve neste mez a maior das enchentes de que há notícias no Paraná. Quase todas as pontes do Estado foram levadas pelas águas: a de Passa Trez do Rio da Várzea com o pontilhão Várzea, a do Iguassu na estrada de Palmeira e muitas outras. Em Rio Negro, muitas casas, em número superior a vinte ficaram inundadas, não apparecendo de algumas o telhado, e de outras apenas elle. A casa do Sr. João Taborda, foi completamente destruida; as de Martim Mader, Thomaz Becker, a do Registro e da Collectoria estavam quase submergidas, o Hotel Rio-Negrense do outro lado do rio (margem esquerda) estava com a água até o meio das janellas: o barracão em que estiveram os colonos também ficou inundado. As arvores a direita da ponte do Passa Trez e parte desta desapareceram, as canoas trabalharam por cima dellas. (ARBIGAUSS et al., 1929, p. 57).

No ano de 1976 foi publicado o livro "História de Rio Negro – Estado do Paraná", em que o autor também faz menção à inundação de 1891 chamando-a de "A maior enchente de Rio Negro". Segue parte do livro transcrita na íntegra que faz referência à inundação de 1891.

"A maior enchente de Rio Negro"

Os meses de janeiro e fevereiro de 1888 assinalam o ápice de uma grande seca, que assolou a região de Rio Negro, com grandes danos à lavoura de subsistência. É, fato curioso, capricho da Natureza: em outubro desse mesmo ano verifica-se grande enchente, com o rio atingindo nível nunca anotado até então. Mas essas chuvas de 1888 foram, pode-se dizer, simples ensaio daquilo que viria três anos depois, precisamente em junho de 1891, quando o que choveu foi calamidade, foi para deixar a lembrança da maior enchente havida em Rio Negro em toda a sua história, em toda a sua vida conhecida. (D' ALMEIDA, 1976, p. 58 e 59).

No ano de 2002 foi publicado o livro “Colônia Lucena – Itaiópolis: Crônica dos Imigrantes Poloneses” que faz um resgate das anotações de diários de alguns imigrantes poloneses que presenciaram a inundação de 1891 na cidade de Rio Negro. Os imigrantes estavam na cidade aguardando a liberação do governo para se instalar na colônia Lucena, atualmente município de Itaiópolis/SC, distante aproximadamente 40 km de Rio Negro. Abaixo seguem dois parágrafos relacionados com a inundação de 1891.

Os problemas aumentaram a partir de 21 de junho de 1891 em razão da grande enchente ocorrida na região, inundando os barracões do alojamento dos imigrantes, tanto em Curitiba como em Rio Negro, e também nos outros vales do rio Iguçu. (RODYCZ et al., 2002, p. 58).

Os imigrantes poloneses permaneceram quatro meses nas barrancas do Rio Negro, a 40 quilômetros de Lucena (atualmente cidade de Itaiópolis), aguardando as medições oficiais do governo. Nessa época, sobrevieram grandes chuvas e enchentes. As águas do rio Negro subiram como nunca, cobrindo os alojamentos até a altura das janelas, justamente onde os imigrantes estavam provisoriamente instalados: em depósitos de erva-mate. Diante da fúria das águas, viram-se obrigados a fugir até a cidadezinha com o mesmo nome do rio: Rio Negro. Os imigrantes fugitivos ocuparam a igreja, a escola e até as varandas e porões das casas particulares. A prefeitura veio em auxílio. Forneceu feixes de feno e capim seco, bem como alguma alimentação. Após as chuvas, as águas baixaram, mas permaneceu o cheiro fétido e insuportável das algas em decomposição. Eclodiu uma epidemia de tifo, que dizimou muitos emigrantes. (RODYCZ et al., 2002. p. 436 e 437).

A inundação de 1891 figurou como a maior inundação na cidade até o ano de 1983 quando, no mês de julho, o rio Negro voltou a alcançar o nível da ponte metálica. Conforme o marco da Prefeitura Municipal de Mafra, um obelisco instalado na Praça do Expedicionário que mostra o nível em que as águas do rio chegaram, o rio Negro atingiu a marca de 14,57 m de lâmina de água no dia 13 de julho de 1983.

Segundo o “Relatório das Enchentes de Rio Negro” de 1983, publicado no jornal de circulação local “Tribuna da Fronteira” do dia 30 de julho de 1983, as águas não fizeram vítimas fatais ou feridas, mas deixaram 4.910 pessoas desabrigadas, atingiram 982 edificações, danificando 722 e destruindo 240. Ainda foram atingidas e danificadas 10 indústrias. Os prejuízos causados pela inundação foram incalculáveis. Nesse mesmo ano, a Revista “Veja” publicou uma matéria noticiando as inundações que ocorreram por todo o Sul do Brasil na edição nº 776, do dia 20 de julho de 1983, com a capa cujo título era “O País Socorre o Sul: A Enchente do Século”.

No ano de 1992, novamente ocorre uma grande inundação. Nesse episódio o rio negro atingiu a marca de 14,42 m de lâmina de água no dia 2 de junho de 1992, apenas 15 centímetros menos que a inundação de 1983. O jornal “Tribuna da Fronteira”, do dia 06 de junho 1992, divulga os estragos da inundação. Foram aproximadamente 1.000 edificações atingidas, 900 residências resultando em cerca de 5.000 pessoas desabrigadas. No município vizinho, em Mafra, foram cerca de 8.000 desabrigados e até vagões da hoje extinta RFFSA (Rede Ferroviária Federal Sociedade Anônima) foram utilizados como abrigo aos desalojados. Novamente os prejuízos foram incalculáveis.

No ano de 1922, a cidade de Rio Negro passou a fazer os registros de precipitação e, no ano de 1930, a fazer os registros de cota e vazão do rio Negro. Observando esta série histórica nota-se que desde que esses registros oficiais começaram a ser feitos, o rio Negro teve várias cheias com diferentes intensidades e que certamente causaram transtornos na cidade.

A cidade de Rio Negro apresenta um total de 60 eventos de inundação registrados entre os anos de 1888 e 2011. Sendo que desse total, 6 eventos, os primeiros, são apenas registros jornalísticos que não trazem dados técnicos, mas servem apenas como registro de ocorrência (Quadro 10).

Quadro 10 – Registro histórico de inundações na cidade de Rio Negro, sem medições de cota do rio Negro.

<u>Ano</u>	<u>Mês</u>	<u>Ano</u>	<u>Mês</u>	<u>Ano</u>	<u>Mês</u>
1888	Out	1898	Maio	1913	-
1891	Jun	1910	-	1925	-

Fonte: JORNAL “O RIO-NEGRENSE”. Edição do Centenário de Rio Negro 1829-1929. Sem página. Jornal mensal sob a orientação de José Maximiliano de Faria Netto. Primeiro número: 6/11/1898. Material retirado dos arquivos da Biblioteca Pública Municipal “Professor Venceslau Muniz”, Rio Negro/PR. Documento nº 13.557.

Fazendo a análise dos dados de 81 anos da série histórica da estação fluviométrica Rio Negro, tem-se 54 registros das cotas do rio acima dos 6,90 m de lâmina de água (Quadro 11). Contudo, estes 54 registros de eventos de inundação estão divididos em 34 anos de ocorrência, ou seja, em muitos anos foram registradas mais de um evento de inundação. Fazendo uma relação entre número

de eventos de inundação e os 81 anos de registros de série histórica, a cidade de Rio Negro apresenta uma média de uma inundação a cada um ano e meio.

Quadro 11 – Data (ano e mês) e cota máxima atingida pelo rio Negro durante a ocorrência de eventos de inundação na cidade de Rio Negro com base na série histórica da estação fluvial Rio Negro (1930-2011).

<u>Ano</u>	<u>Mês</u>	<u>Cota (m)</u>	<u>Ano</u>	<u>Mês</u>	<u>Cota (m)</u>	<u>Ano</u>	<u>Mês</u>	<u>Cota (m)</u>
1935	Out	7,70		Dez	8,58	1995	Jul	8,30
1938	Jul	7,82	1982	Nov	7,23	1996	Jul	8,11
1939	Nov	6,93	1983	Maio	8,26	1997	Jan	7,01
1946	Fev	7,94		Jun	7,85		Out	7,84
1948	Ago	7,30		Jul	14,57	1998	Jan	7,13
1953	Out	8,91		Ago	7,78		Abr	7,68
1954	Maio	10,10		Set	8,94		Ago	8,74
1955	Maio	7,87	1984	Ago	10,08		Set	7,35
1957	Ago	9,22	1987	Maio	7,50	Out	7,57	
1961	Nov	7,10	1988	Maio	7,34	1999	Jul	9,84
1970	Dez	8,03	1989	Set	8,24	2005	Set	7,44
1971	Jan	7,15	1990	Jan	7,09	2007	Maio	7,48
	Jun	7,13		Jun	7,78	2009	Out	9,24
1973	Jun	7,54		Jul	7,75	2010	Jan	7,92
	Ago	8,59	1992	Jun	14,42		Abr	10,47
1975	Out	7,13	Jul	7,38	Dez		6,96	
	Nov	7,38	1993	Set	7,10	2011	Ago	7,70
1980	Ago	7,48	Out	8,40	Set	9,84		

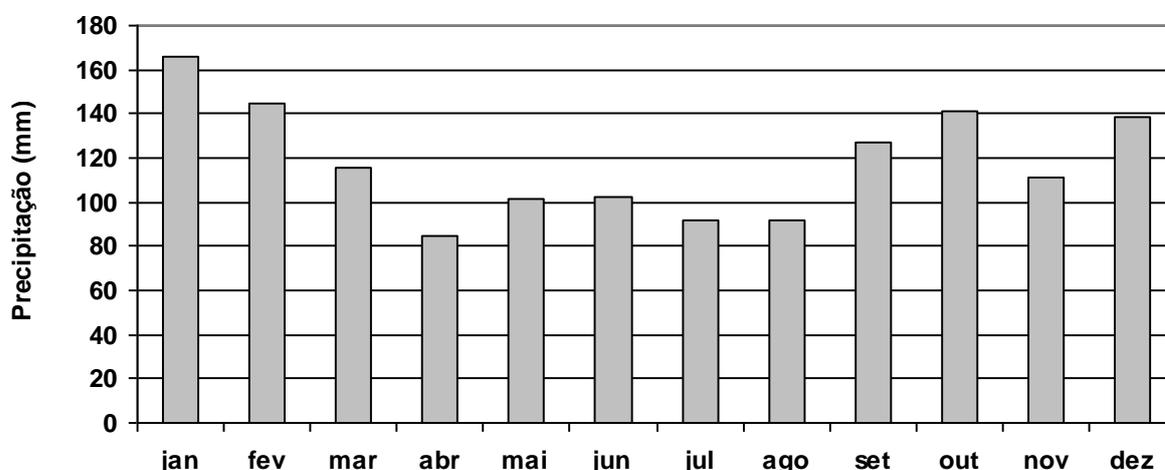
Fonte: Águas Paraná.

6.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DAS CHUVAS QUE CAUSAM INUNDAÇÕES

A chuva é variável importante no processo de inundação, especialmente, suas características físicas como duração, volume e intensidade. A cidade de Rio Negro apresenta boa distribuição das chuvas ao longo do ano. Janeiro é o mês que apresenta o maior volume de chuva com uma média de 165,8 mm, já o mês de abril

é o que apresenta a menor média com 84,7 mm, resultando em uma diferença de 81,1 mm entre o mês mais chuvoso e o menos chuvoso. De acordo com a Figura 15 é possível notar que existe uma tendência na distribuição das chuvas em que os meses de abril, maio, junho, julho e agosto apresentam médias próximas, entre 84,7 mm a 102,7 mm mensais caracterizando a época de menor volume de chuvas e o restante dos meses, setembro, outubro, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março como os meses de maior abundância de chuvas com as médias entre 111,1 mm a 165,8 mm. Assim, pode-se interpretar que as estações de primavera (setembro, outubro e novembro) e verão (dezembro, janeiro e fevereiro) são as épocas de maior volume de chuvas e as estações de outono (março, abril e maio) e inverno (junho, julho e agosto) são os períodos de menores volumes de chuva. Essa tendência de distribuição das chuvas ao longo do ano também é característica para toda a bacia hidrográfica do rio Negro.

Figura 15 – Média mensal de precipitação na cidade de Rio Negro com base na série histórica da estação pluvial Rio Negro (1922-2011).

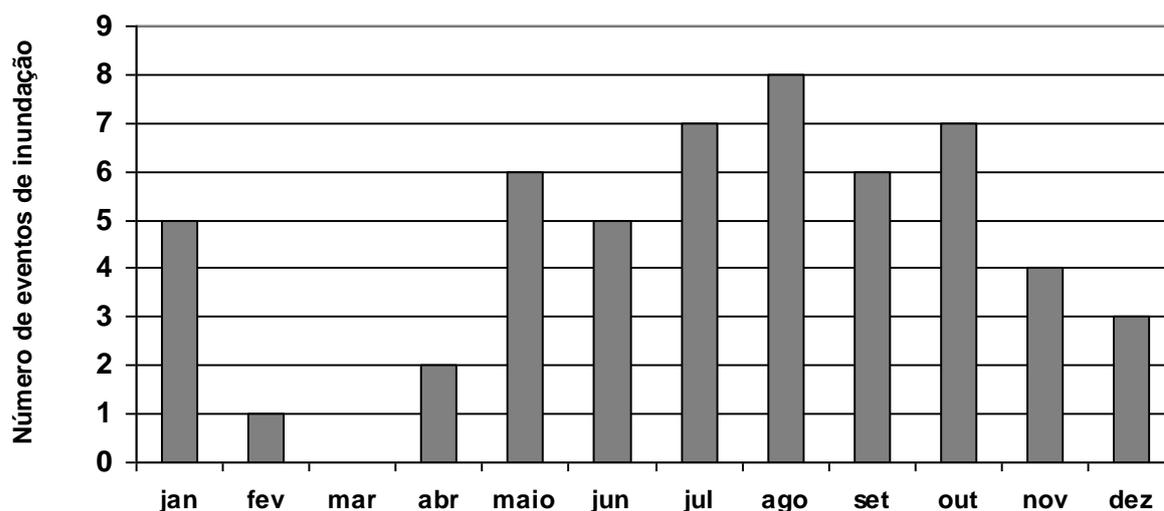


Fonte: Águas Paraná

Com base no levantamento histórico dos registros de inundação na cidade de Rio Negro, foi possível identificar em qual mês ocorreram os eventos de inundação e assim comparar os meses e épocas do ano com maior ou menor incidência de inundações. De acordo com a Figura 16 nota-se que a ocorrência das inundações não se distribui de forma homogênea ao longo do ano. O mês em que houve o maior número de inundações é agosto com oito eventos registrados, seguidos pelos

meses de julho e outubro com sete registros cada. Os meses com o menor número de inundações registradas foram março, fevereiro e abril com nenhum registro, um e dois, respectivamente.

Figura 16 – Ocorrências de eventos de inundação em cada mês na cidade de Rio Negro entre os anos de 1930 e 2011.



Comparando-se os meses com maior média de chuva e os meses com maior incidência de inundações, nota-se que não existe uma relação direta entre os meses mais chuvosos e o número de inundações. O mês que apresentou o maior número de eventos de inundação é o mês com a segunda menor média de chuva e o mês com a maior média de chuva, janeiro, apresentou cinco registros de inundação.

Observando o número de registros de inundação de acordo com as estações do ano, nota-se que no inverno e na primavera há uma maior incidência de inundações representando 68% do total de inundações e no verão e outono os registros são menores somando 32% dos eventos (Quadro 12).

Quadro 12 – Ocorrência de eventos de inundação em cada estação do ano na cidade de Rio Negro.

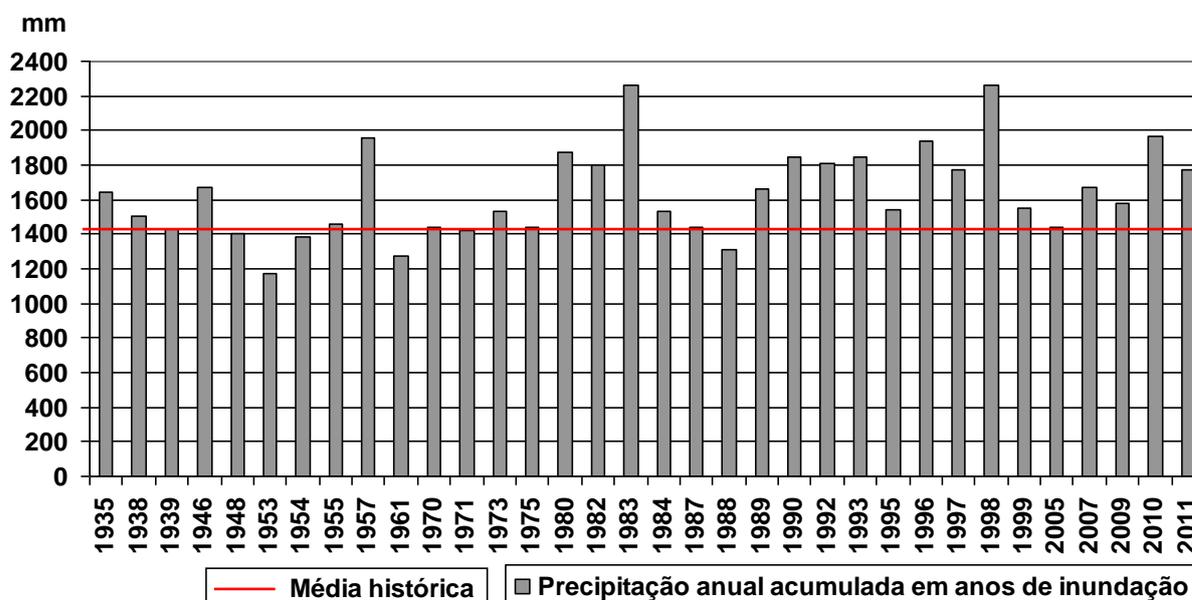
	Inverno	Primavera	Verão	Outono
Nº de eventos	20	17	9	8
Nº relativo	37%	31%	17%	15%

Em relação à magnitude das inundações, analisando os registros da série histórica e considerando a inundação ocorrida no ano de 1891, citada no jornal “O

RIO-NEGRENSE”, as maiores inundações registradas na cidade de Rio Negro, com o rio Negro alcançando cotas superiores a 10 m, aconteceram nos meses de junho (1891), maio (1954), julho (1983), agosto (1984), maio e junho (1992) e abril e maio (2010). Assim, verifica-se que as maiores inundações ocorreram nas estações de outono e inverno, épocas com menores médias históricas de volume de chuva, demonstrando que a magnitude das inundações não está diretamente relacionada com os meses ou as épocas do ano que apresentam maiores médias de volume de chuva. Também é possível interpretar que as dinâmicas climáticas dos meses de outono e inverno são mais propensas a originar inundações de grande magnitude.

Observando os totais pluviométricos anuais da cidade de Rio Negro dos anos em que correram inundações, é possível notar que os anos com registro de inundações não necessariamente tem o seu total de precipitação acima da média da série histórica (Figura 17). A média anual de precipitação na cidade é de 1.416 mm de chuva, porém, em anos de inundações os totais anuais podem ultrapassar essa marca em mais de 800 mm como nos anos de 1983 e 1998, como podem também ficar cerca de 200 mm abaixo da média, por exemplo, em 1953.

Figura 17 – Precipitação anual na cidade de Rio Negro em anos com ocorrência de eventos de inundações.



Fonte: Águas Paraná.

Os anos em que ocorreram eventos de inundações também foram relacionados com os anos de atuação das anomalias climáticas de El Niño e La

Niña. De acordo com o Quadro 13, que relaciona os anos com registros de inundação na cidade de Rio Negro com os anos de atuação dos fenômenos El Niño e La Niña, há coincidência, de modo geral. Dos 34 anos com registros de inundação, cerca de 60% deles estão associados com anos de atuação do El Niño e 25% dos anos coincidem com anos de atuação do La Niña. Apenas 12% dos anos analisados estão associados com épocas de atuação de climas normais. Os 3% restantes compreendem o ano de 2011, sem referência confiável sobre atuação de fenômenos climáticos.

Quadro 13 – Relação dos anos de atuação do El Niño e La Niña e suas respectivas intensidades.

Ano	VC	Intensidade	Ano	VC	Intensidade	Ano	VC	Intensidade
1935	(/)	-	1971	(-)	M	1992	(+)	Fo
1938	(-)	Fo	1973	(+)	Fo	1993	(+)	Fo
1939	(+)	Fo	1975	(-)	Fo	1995	(+)	M
1946	(+)	M	1980	(+)	Fr	1996	(-)	Fr
1948	(/)	-	1982	(+)	Fo	1997	(+)	Fo
1953	(+)	Fr	1983	(+)	Fo	1998	(+)	Fo
1954	(-)	Fo	1984	(-)	Fr	1999	(-)	M
1955	(-)	Fo	1987	(+)	M	2005	(+)	Fr
1957	(+)	Fo	1988	(+)	M	2007	(+)	Fr
1961	(/)	-	1989	(/)	-	2009	(+)	Fr
1970	(-)	M	1990	(+)	Fo	2010	(+)	Fr
VC – Variação climática						2011	X	-
(+) El Niño			(-) La Niña			(/) Ano de normalidade climática		
Fo – Forte			Fr – Fraco			M – Moderado		

Fonte: Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC. Site: <<http://enos.cptec.inpe.br/>>

Apesar de na literatura as inundações estarem mais relacionadas com atuação do El Niño, que costuma causar mais chuvas na região Sul do Brasil, também é significativo o número de anos com registro de inundação em anos de atuação da La Niña que costuma interferir negativamente no regime de chuvas na região Sul. Nos anos que apresentaram totais pluviométricos bem acima do normal,

mais que 1.800 mm, a grande maioria está relacionado com anos de atuação do El Niño, por exemplo, nos anos de 1983 e 1998, com os maiores registros de volume de chuva anual, com mais de 800 mm de precipitação acima da média, correspondendo a anos de atuação de intensidade forte do El Niño. Já em anos de atuação da La Niña, a maioria apresentou totais de precipitação anual próximos da média com exceção do ano de 1996.

Em relação à magnitude das inundações, as maiores registradas correspondentes aos anos de 1954, 1983, 1984, 1992 e 2010, estão associadas com atuação de anomalias climáticas, não apenas com o El Niño que causa mais chuvas na Região Sul, mas também com a La Niña. O ano de 1891, quando ocorreu uma das maiores inundações em Rio Negro, não apresenta relação com anomalias climáticas. Os anos que registraram mais de uma inundação, de modo geral, estão relacionados com atuação do El Niño demonstrando maior distribuição de chuvas ao longo do ano.

6.2.1 Análise da distribuição das chuvas na bacia hidrográfica do alto e médio cursos do rio Negro durante os eventos de inundação

Para auxiliar no entendimento do processo das inundações que afetam a cidade de Rio Negro, foram selecionados dez eventos de inundação registrados na cidade de Rio Negro para serem melhor detalhados com o objetivo de analisar a espacialização das chuvas que dão origem as cheias do rio Negro.

O Quadro 14 mostra as dez inundações selecionadas e as respectivas datas de início e final do processo de inundação e a cota máxima alcançada pelo rio Negro durante os eventos.

Quadro 14 – Eventos de inundação selecionados para análise de distribuição espacial das chuvas.

Ano	Data início	Data final	Cota máxima	Ano	Data início	Data final	Cota máxima
1980	02/12/80	20/02/81	8,59 m	1998	01/12/97	28/02/98	7,13 m
1984	02/08	14/09	10,08 m	1999	02/07	26/07	9,84 m
1988	01/05	04/07	7,34 m	2007	08/05	06/06	7,48 m
1992	17/05	23/06	14,42 m	2010	21/04	20/06	10,47 m
1993	20/09	31/10	8,40 m	2011	18/07	05/10	9,84 m

Estes dez eventos de inundação ocorridos na cidade de Rio Negro tiveram as chuvas espacializadas em mapas que representam os totais pluviométricos correspondentes aos períodos dos processos de inundações. Os mapas representam toda a bacia hidrográfica do rio Negro e região de entorno e também destacam a hidrografia da bacia e a área urbana de Rio Negro, polígono vermelho, para identificar a localização da cidade em relação à distribuição das chuvas pela bacia.

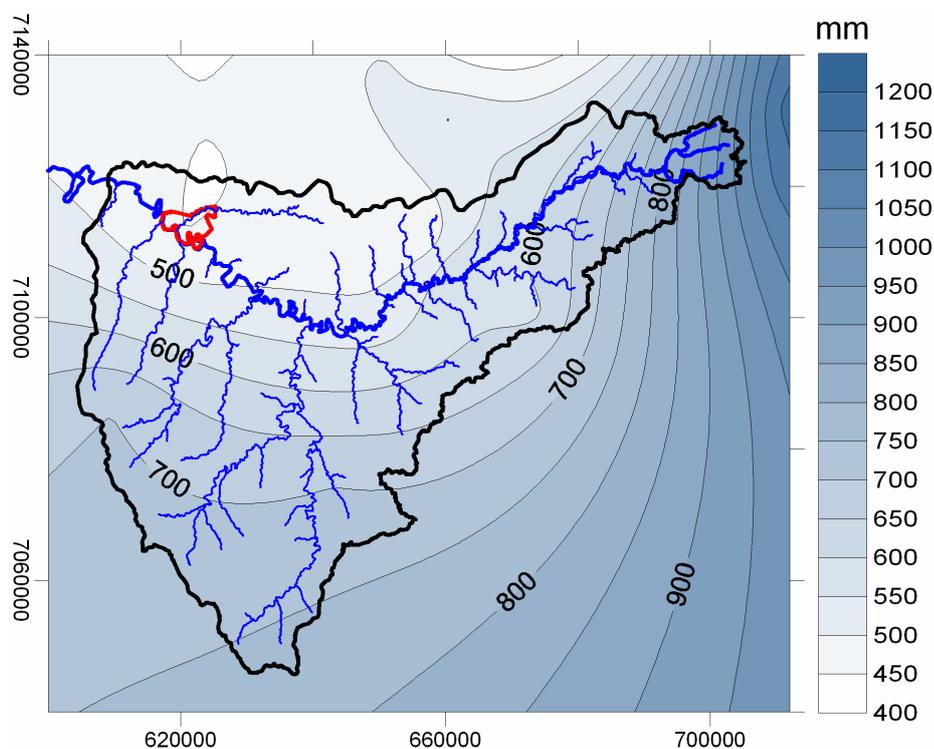
Os primeiros mapas de chuva analisados correspondem às inundações ocorridas nos verões de 1980/81 e 1997/98 com os processos de inundação iniciados nos meses de dezembro do ano anterior e finalizados nos meses de fevereiro dos respectivos anos.

O processo de inundação desses dois eventos foram os de maior duração. Nessas inundações as chuvas acumuladas durante o processo se distribuíram pela bacia hidrográfica do rio Negro de maneira que as porções sul e leste da bacia apresentaram os maiores volumes de chuva ao contrário da região onde se encontra a cidade de Rio Negro, porção noroeste da bacia (Figuras 18 e 19). Durante estas inundações, o acumulado de chuva na cidade de Rio Negro ficou próximo do esperado para a soma da média dos respectivos meses de duração demonstrando que as inundações foram causadas pelas chuvas que tiveram maiores volumes distribuídas pelas regiões sul e leste da bacia hidrográfica do rio Negro. Também se observa que nessas duas inundações ocorridas na estação do verão, as inundações foram de pequenas proporções seguindo a tendência de que nesta estação do ano as inundações costumam ser de baixas magnitudes.

Nessa inundação ocorrida em 1980, o processo todo, desde a subida do rio Negro até a normalidade da sua cota média, durou 81 dias entre os meses de dezembro de 1980 e fevereiro de 1981. Conforme o mapa, na área da bacia hidrográfica do rio Negro, nesse período, as chuvas alcançaram acumulados entre 450 mm e 1.000 mm (Figura 18). As chuvas se distribuíram de maneira que as porções leste e sul da bacia apresentaram os maiores volumes, entre 750 mm e 1.000 mm e a região norte da bacia, próximo a cidade de Rio Negro teve o menor volume, com 450 mm apenas. Em comparação com as médias históricas mensais da cidade de Rio Negro, a soma das médias dos meses de dezembro, janeiro e fevereiro dão um total próximo a 450 mm, mesmo valor registrado nas proximidades da cidade nesse período no ano de 1980 o que demonstra que a inundação na

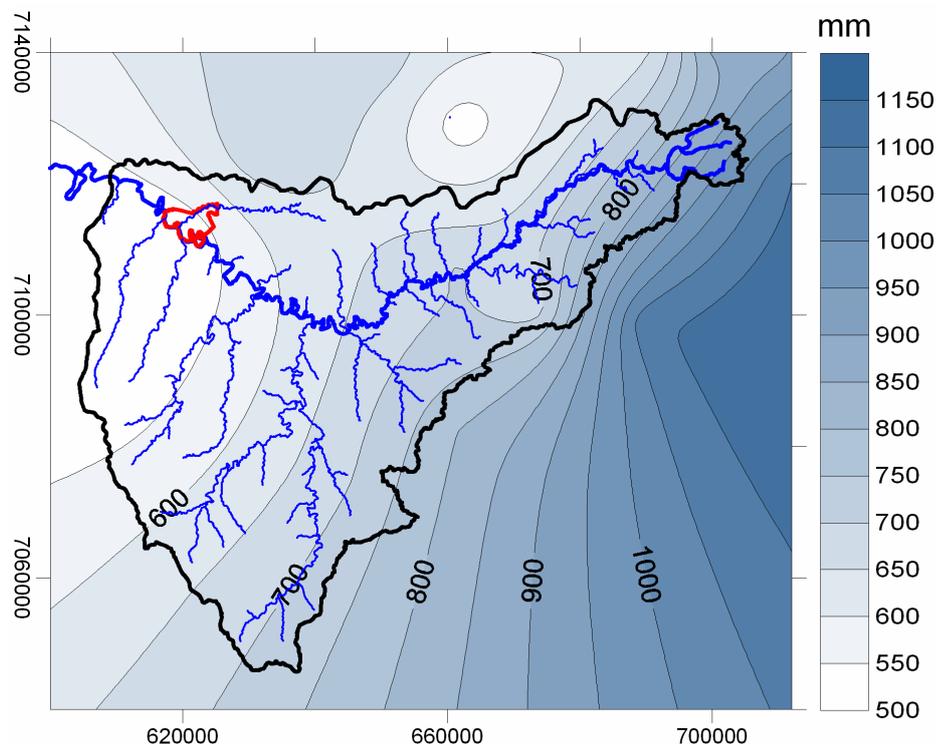
cidade foi causada, provavelmente, pelas chuvas que caíram nas demais regiões da bacia hidrográfica.

Figura 18 – Distribuição das chuvas na bacia hidrográfica do rio Negro durante a inundação ocorrida no entre os dias 2/12/1980 e 20/2/1981.



A inundação ocorrida no ano de 1998 compreende um processo que durou 90 dias entre 1 dezembro de 1997 e 28 de fevereiro de 1998. Nessa inundação, o rio Negro atingiu a menor cota entre as inundações analisadas, 7,13 m registrada no dia 11 de janeiro. Os volumes de chuva registrados na bacia hidrográfica do rio Negro ficaram entre 500 mm e 950 mm (Figura 19). Nessa inundação as chuvas tiveram uma distribuição mais irregular na bacia do que a inundação de 1981, a porção leste apresentou os maiores volumes de chuva ao passo que a porção oeste da bacia teve os menores índices, quase a metade do registrado na região leste. A cidade de Rio Negro registrou volumes de chuva entre 500 mm e 550 mm, que comparados com a média histórica para os meses de dezembro, janeiro e fevereiro na cidade, estão próximos do esperado, 450 mm. A contribuição maior para a inundação em Rio Negro veio dos maiores volumes de chuva registrados na porção leste da bacia hidrográfica.

Figura 19 – Distribuição das chuvas na bacia hidrográfica do rio Negro durante a inundação ocorrida entre os dias 1/12/1997 e 28/2/1998.

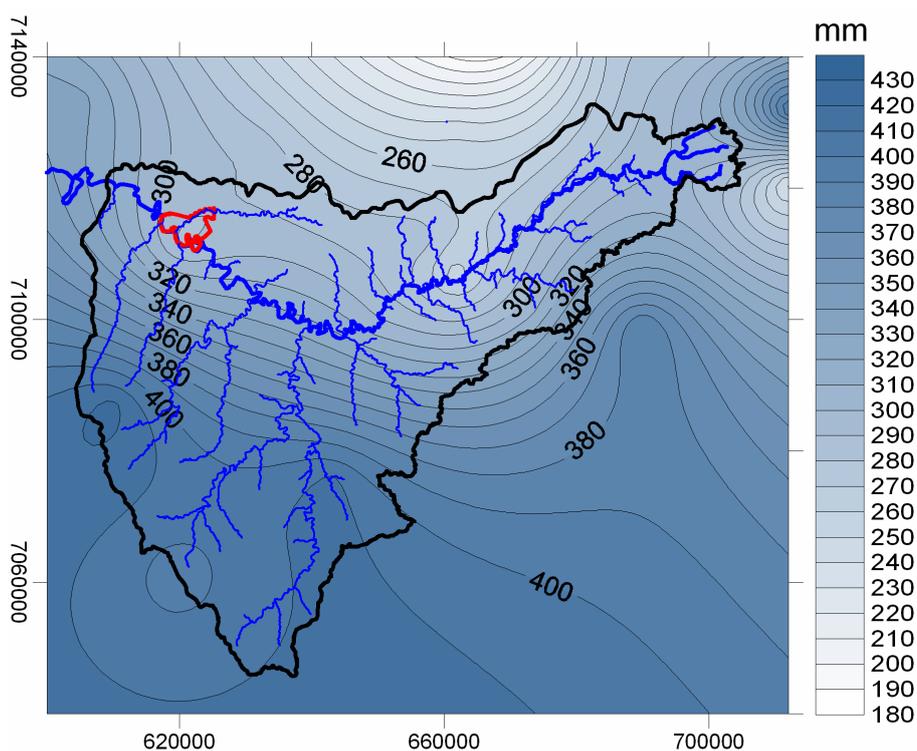


As inundações registradas nos anos de 1984 e 1999 ocorreram durante a estação de inverno em anos de atuação do fenômeno climático La Niña. Nestes dois eventos de inundação relacionados com a atuação do La Niña, as chuvas causaram inundações em curtos períodos de tempo com chuvas que causaram rápida subida do nível do rio Negro que culminou em duas inundações de grande porte com curtos processos de inundação. O total de chuvas acumuladas durante os processos de inundação foi acima da média esperada para os meses em que ocorreram, porém não chegaram a dobrar os números como em outras situações (Figuras 20 e 21). Dessa forma, é possível interpretar que as chuvas que causaram essas inundações foram bastante concentradas, pois resultaram em grandes inundações oriundas de volumes de chuva acima das médias em poucos dias. A distribuição das chuvas pela bacia hidrográfica do rio Negro durante estes dois eventos de inundação tiveram características semelhantes com maiores índices de precipitação nas porções leste e sul da bacia e chuvas acima da média na cidade de Rio Negro.

A inundação do ano de 1984 teve o seu processo estabelecido entre os dias 2 de agosto e 14 de setembro, perfazendo um total de 44 dias. Nessa inundação, o rio Negro alcançou a cota de 10,08 m no dia 10 de agosto.

Durante a inundação de 1984, os volumes de chuva na bacia do rio Negro ficaram entre 420 mm e 260 mm (Figura 20). A porção sudoeste da bacia foi onde caíram os maiores volumes de chuva, ao contrário da região norte, que apresentou os menores  ndices. Em comparação com as média históricas de chuvas mensais na cidade de Rio Negro para os meses de agosto e setembro, em torno de 210 mm, durante este evento de inundação, a cidade apresentou um total de 300 mm de chuva, 90 mm acima da m dia para os 61 dias referentes aos meses citados. Dessa forma nota-se que as chuvas que caíram próximas à cidade de Rio Negro somadas com os demais volumes de chuva distribuídos pela bacia deram origem   inundação na cidade.

Figura 20 – Distribu o das chuvas na bacia hidrográfica do rio Negro durante a inundação ocorrida entre os 2/8 e 14/9 do ano de 1984.

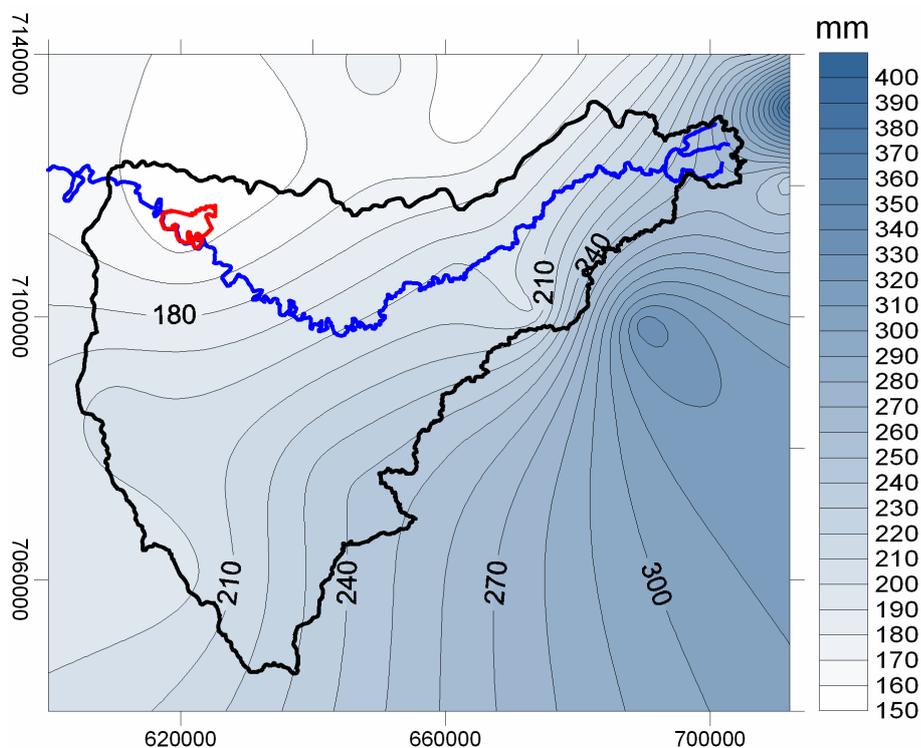


Na inundação de 1999, o processo todo durou apenas 25 dias, entre os dias 2 e 26 de julho, o mais rápido dos dez eventos analisados. Nessa inundação o rio Negro chegou à cota de 9,84 m no dia 7 de julho, apenas cinco dias depois de caírem às primeiras chuvas que deram origem a inundação.

Durante esta inundação os volumes de chuva acumulados na bacia do rio Negro ficaram entre 160 mm e 250 mm (Figura 21). A distribu o das chuvas na

bacia se deu de maneira que os maiores volumes foram registrados nas regiões leste e sudeste da bacia e os menores índices na porção norte, junto à cidade de Rio Negro. A cidade de Rio Negro apresentou um acumulado de 160 mm quando o esperado para a média histórica do mês de julho na cidade era de 90 mm. Apesar do grande volume de chuvas na cidade de Rio Negro, de acordo com o mapa, as chuvas que caíram sobre as demais áreas da bacia contribuíram significativamente para o rio Negro alcançar a cota de quase 10 m de lâmina de água.

Figura 21 – Distribuição das chuvas na bacia hidrográfica do rio Negro durante a inundação ocorrida entre os dias 2/7 e 26/7 do ano de 1999.

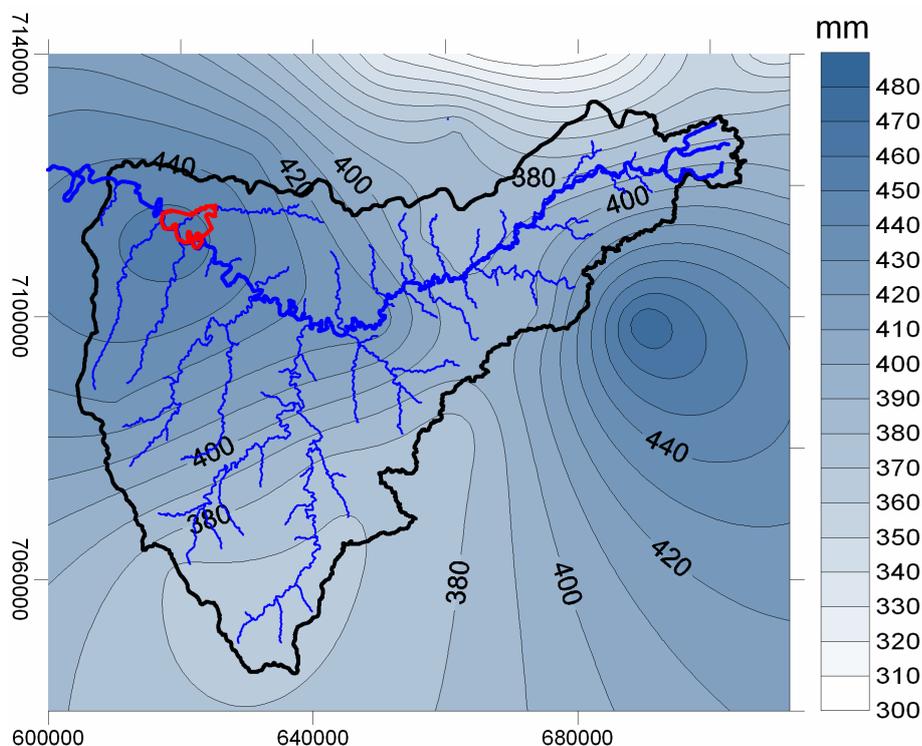


As inundações ocorridas nos anos de 1988, 1992, 2007 e 2010 aconteceram durante os meses de outono e inverno e tiveram característica de distribuição espacial semelhantes na bacia hidrográfica do rio Negro com os maiores volumes de chuva acumulados durante o processo de inundação nas imediações da cidade de Rio Negro, favorecendo os altos volumes de chuva nos respectivos períodos analisados que chegaram a somar o dobro do total das médias mensais (Figuras 22, 23, 24 e 25). É nessa época que costumam ocorrer as inundações com maior magnitude, o que pode estar relacionado com a distribuição das chuvas pela bacia

hidrográfica do rio Negro nessas estações, com os maiores volumes de chuva atingindo as proximidades da cidade de Rio Negro.

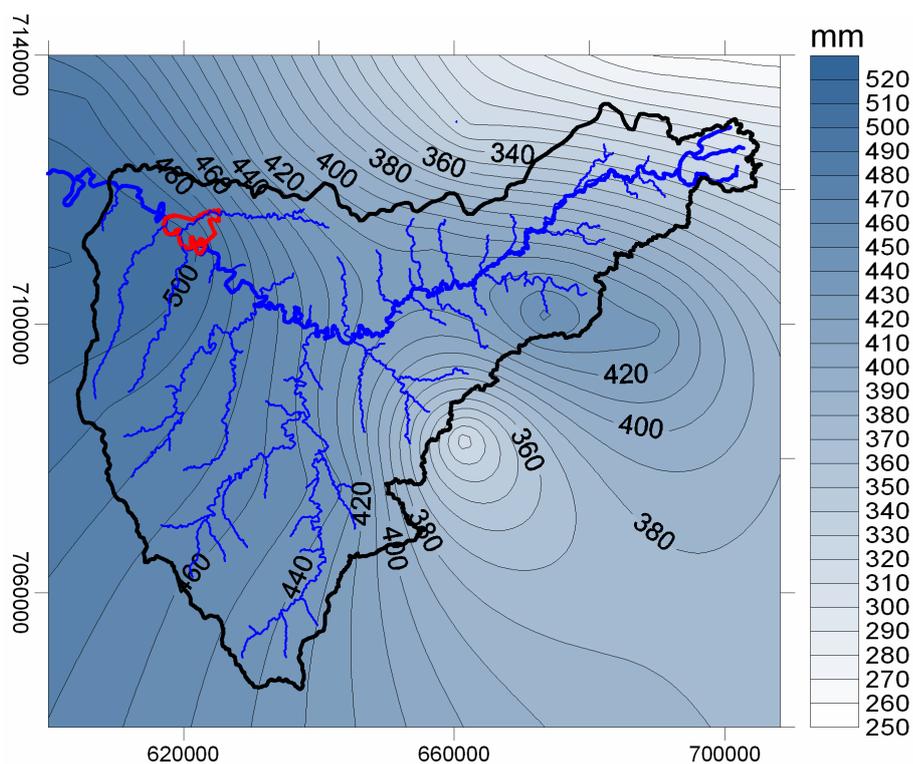
A inundação registrada no ano de 1988 teve o seu processo iniciado no dia 1 de maio e estendeu-se até 4 de julho, um total de 65 dias. Nesse evento, o rio Negro atingiu a marca de 7,43 m no dia 26 de maio (Figura 22). Os acumulados de chuva na bacia hidrográfica do rio Negro durante esse período do processo de inundação, tiveram totais entre 370 mm e 450 mm. A distribuição das chuvas pela bacia foi relativamente equilibrada com os maiores volumes registrados junto à cidade de Rio Negro e os menores na porção sul da bacia hidrográfica. Em comparação com as médias mensais históricas para os meses de maio e junho da cidade de Rio Negro, que juntos somam em torno de 200 mm, nessa inundação a cidade apresentou um volume de chuva maior que o dobro para a m dia. Com isso nota-se que a inundação ocorrida em 1988 foi originada pelas chuvas que atingiram a cidade de Rio Negro, que aparentemente tiveram uma contribuição maior ou equivalente aos demais volumes distribuídos pela bacia.

Figura 22 – Distribuição das chuvas na bacia hidrográfica do rio Negro durante a inundação ocorrida entre os dias 1/5 e 4/7 do ano de 1988.



No ano de 1992, ocorreu uma das maiores inundações registradas na cidade de Rio Negro. O processo desta inundação iniciou-se no dia 17 de maio e perdurou até o dia 23 de junho, total de 38 dias, com o rio Negro chegando à cota de 14,42 m de lâmina de água no dia 2 de junho. Nesse evento as chuvas na bacia hidrográfica do rio Negro alcançaram volumes entre 310 mm e 500 mm (Figura 23). O maior volume de chuva se concentrou na porção oeste da bacia nas proximidades da cidade de Rio Negro e os menores volumes foram registrados nas regiões nordeste e sudeste da bacia. Comparando com as médias históricas mensais para os meses de maio e junho de Rio Negro, novamente foi registrado um volume de chuva próximo ao dobro da média dos meses do período de ocorrência da inundação.

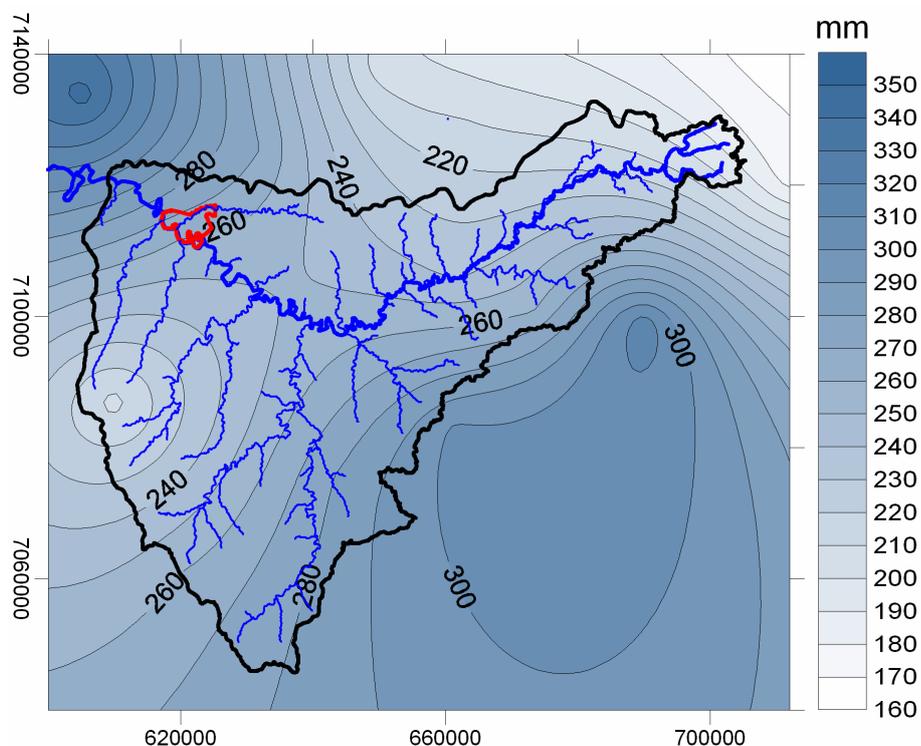
Figura 23 – Distribuição das chuvas na bacia hidrográfica do rio Negro durante a inundação ocorrida entre os dias 17/5 e 23/6 do ano de 1992.



A inundação do ano de 2007 teve um curto processo, iniciando no dia 8 de maio e finalizando no dia 6 de junho, total de 30 dias. Com essa inundação o rio Negro atingiu a cota de 7,48 m no dia 25 de maio, representando uma inundação de pequenas proporções. Nessa inundação, os totais de chuva na bacia hidrográfica ficaram entre 190 mm e 300 mm (Figura 24). A distribuição das chuvas teve os maiores volumes localizados nas regiões sudeste e noroeste da bacia, próximo à

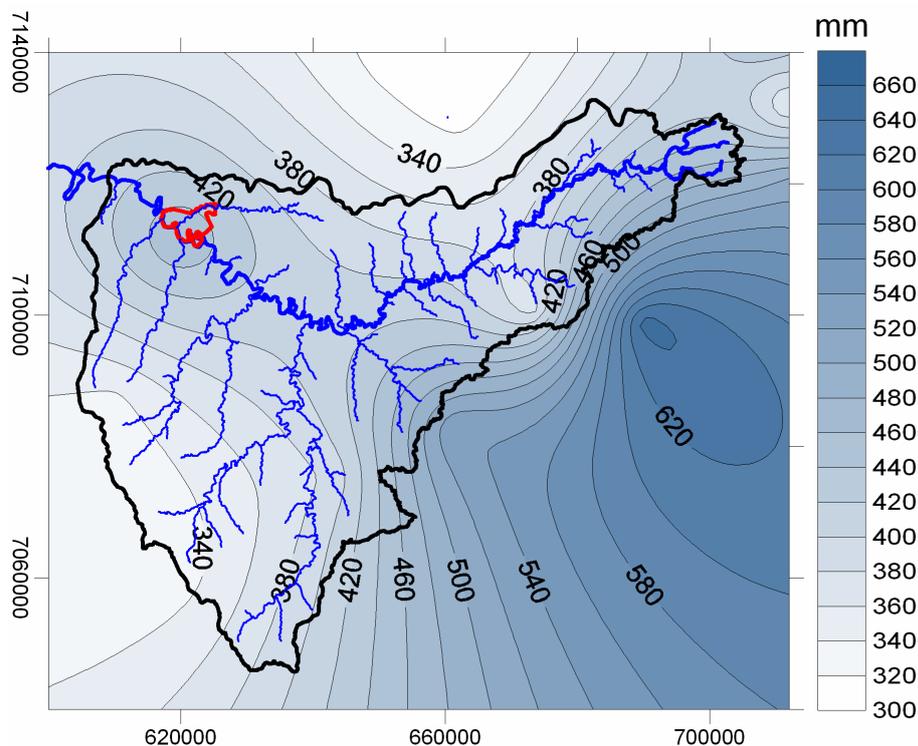
cidade de Rio Negro, e os menores índices nas porções nordeste e sudoeste. A cidade de Rio Negro apresentou um total acumulado de chuvas no período da inundação de 270 mm um valor auto em relação a média histórica de chuvas para os meses de maio e junho na cidade de Rio Negro que juntos somam em torno de 200 mm. Se desconsiderar os seis dias do mês de junho, que provavelmente não tiveram chuvas e o rio Negro nesses dias voltou a sua cota média, o total de chuva de 270 mm registrado nos 23 dias do mês de maio representa um valor bastante alto em relação à média para o mês de maio que fica entre 100 mm.

Figura 24 – Distribuição das chuvas na bacia hidrográfica do rio Negro durante a inundação ocorrida entre os dias 8/5 e 6/6 do ano de 2007.



A inundação do ano de 2010 teve seu processo entre os dias 21 de abril e 20 de junho perfazendo um total de 61 dias, com o pico da inundação no dia 29 de abril com o rio Negro chegando da cota de 10,47 m. Os totais de chuva na bacia hidrográfica do rio Negro ficaram entre 340 mm e 480 mm, com os maiores valores localizados na bacia nas porções sudeste e noroeste, junto à cidade de Rio Negro que apresentou um total de 440 mm de chuva durante o processo de inundação, número bem acima da média mensal para os três meses, que é de 285 mm (Figura 25).

Figura 25 – Distribuição das chuvas na bacia hidrográfica do rio Negro durante a inundação ocorrida entre os dias 21/4 e 20/6 do ano de 2010.

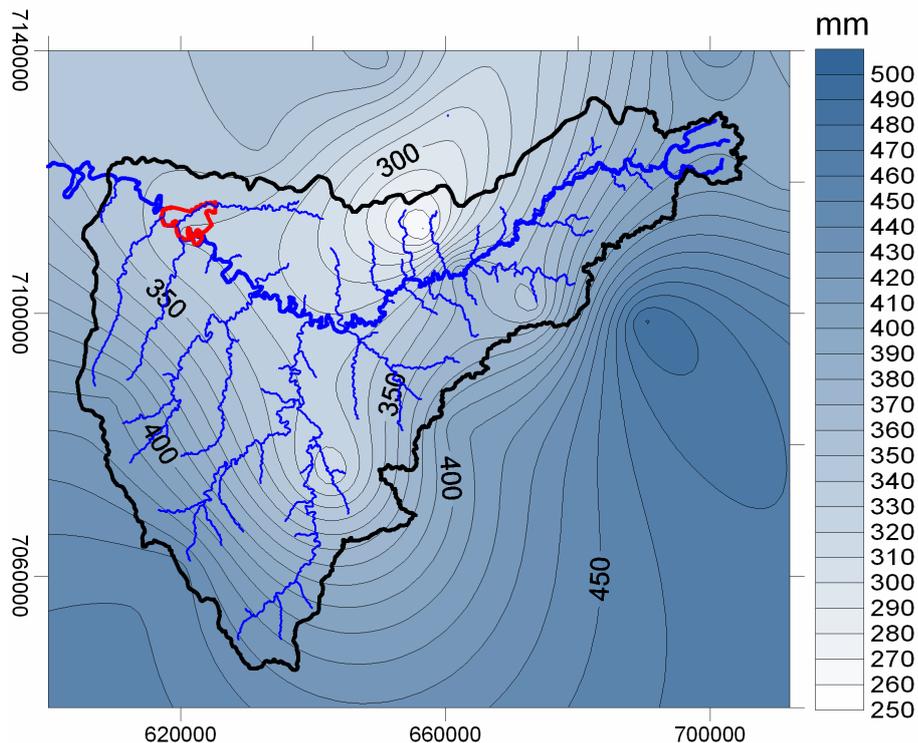


As inundações registradas nos anos de 1993 e 2011 ocorreram no período entre as estações de inverno e primavera. Nesses eventos, a distribuição das chuvas que causaram as inundações teve maior volume na porção sul da bacia e não na cidade de Rio Negro demonstrando a contribuição da bacia hidrográfica no aumento do volume de água do rio Negro (Figuras 26 e 27). Os totais acumulados para a cidade durante os referidos períodos estavam bastante acima da média, mas não chegaram a dobrar os valores esperados. Durante este período de transição climática, entre inverno e primavera, a distribuição das chuvas tem outra configuração, deslocando os maiores volumes de chuva da cidade de Rio Negro para a região sul da bacia hidrográfica do rio Negro.

O processo de inundação no ano de 1993 iniciou no dia 20 de setembro e encerrou no dia 31 de outubro, com um total de 42 dias. Nesta inundação, o rio Negro chegou à cota de 8,40 m no dia 7 de outubro. Os volumes de chuva registrados na bacia do rio Negro ficaram entre os valores de 270 mm e 440 mm (Figura 26). As chuvas se distribuíram com maiores volumes nas porções sul e leste da bacia. A cidade de Rio Negro registrou um acumulado de 340 mm no período da inundação, cerca de 75 mm a mais do que em comparação com as médias mensais

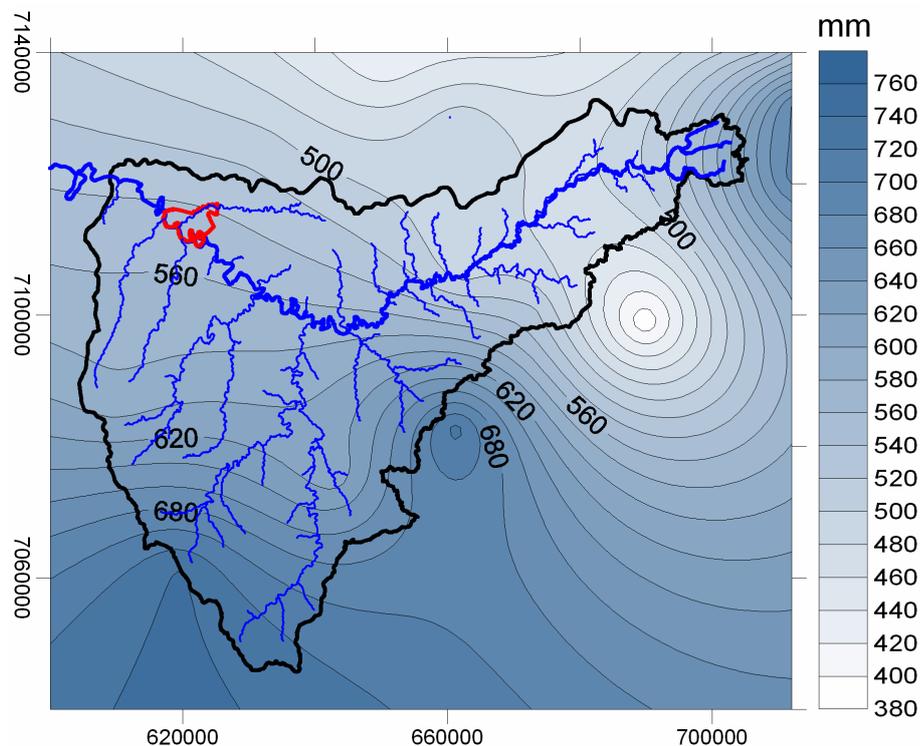
históricas para os referidos meses, que juntos somam 265 mm. Estes números demonstram que nesse evento de inundação, as chuvas que caíram sobre as demais áreas da bacia hidrográfica tiveram maior influência na ocorrência das inundações do que os volumes de chuvas registradas na cidade de Rio Negro.

Figura 26 – Distribuição das chuvas na bacia hidrográfica do rio Negro durante a inundação ocorrida entre os dias 20/9 e 31/10 do ano de 1993.



A inundação do ano de 2011 teve um processo de 80 dias entre as datas de 18 de julho e 5 de outubro, com o rio Negro atingindo a cota de 9,84 m no dia 12 de setembro. A distribuição das chuvas pela bacia hidrográfica do rio Negro durante o processo de inundação teve os maiores índices na região sul da bacia, com 720 mm acumulados (Figura 27). Na cidade de Rio Negro o total de chuva de nesse período chegou a 540 mm, valor bastante acima da soma das médias para os referidos meses.

Figura 27 – Distribuição das chuvas na bacia hidrográfica do rio Negro durante a inundação ocorrida entre os dias 18/7 e 5/10 do ano de 2011.



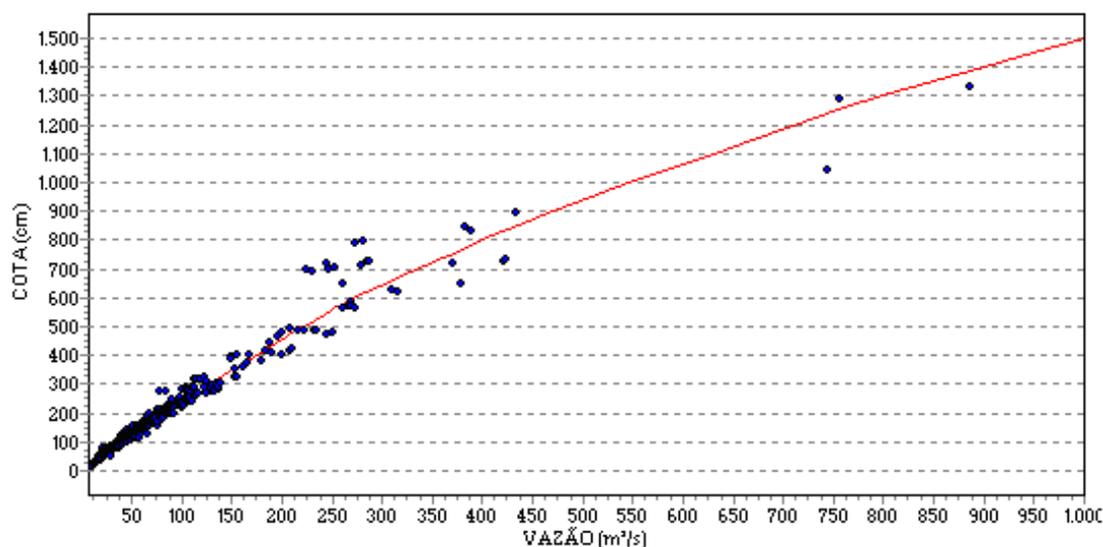
6.3 ANÁLISE DA DINÂMICA DAS PRECIPITAÇÕES, VAZÕES E COTAS DO RIO NEGRO NA CIDADE DE RIO NEGRO DURANTE OS EVENTOS DE INUNDAÇÃO

Além da distribuição das chuvas na bacia hidrográfica do rio Negro durante processos de inundações, também foram analisadas vazões e cotas do rio Negro durante as inundações relacionando-as com as médias diárias de precipitação na bacia. As inundações na cidade de Rio Negro são causadas por chuvas que atingem a cidade e toda a bacia hidrográfica do rio Negro. Devido a sua localização, junto à margem direita do médio curso do rio Negro, a cidade de Rio Negro recebe todo o volume de água drenada a montante pela bacia durante os episódios de chuva. Dependendo da intensidade das chuvas e dos volumes precipitados, o rio Negro recebe um acréscimo de água na sua vazão que conseqüentemente reflete na subida da cota do rio que pode chegar a transbordar e causar inundação na cidade.

De acordo com a curva-chave do rio Negro, na cidade de Rio Negro, quando o rio está em sua cota média, 1,61 m, a vazão no rio é de $65\text{m}^3/\text{s}$ e quando o rio Negro atinge sua cota de inundação, 6,90 m, sua vazão corresponde a $335\text{m}^3/\text{s}$,

cerca de cinco vezes o valor da média (Figura 28). A curva-chave representa a relação entre o volume de descarga/vazão e a cota do rio.

Figura 28 - Gráfico representando a curva-chave (cota x vazão) do rio Negro na cidade de Rio Negro. Período 1930 a 2012.

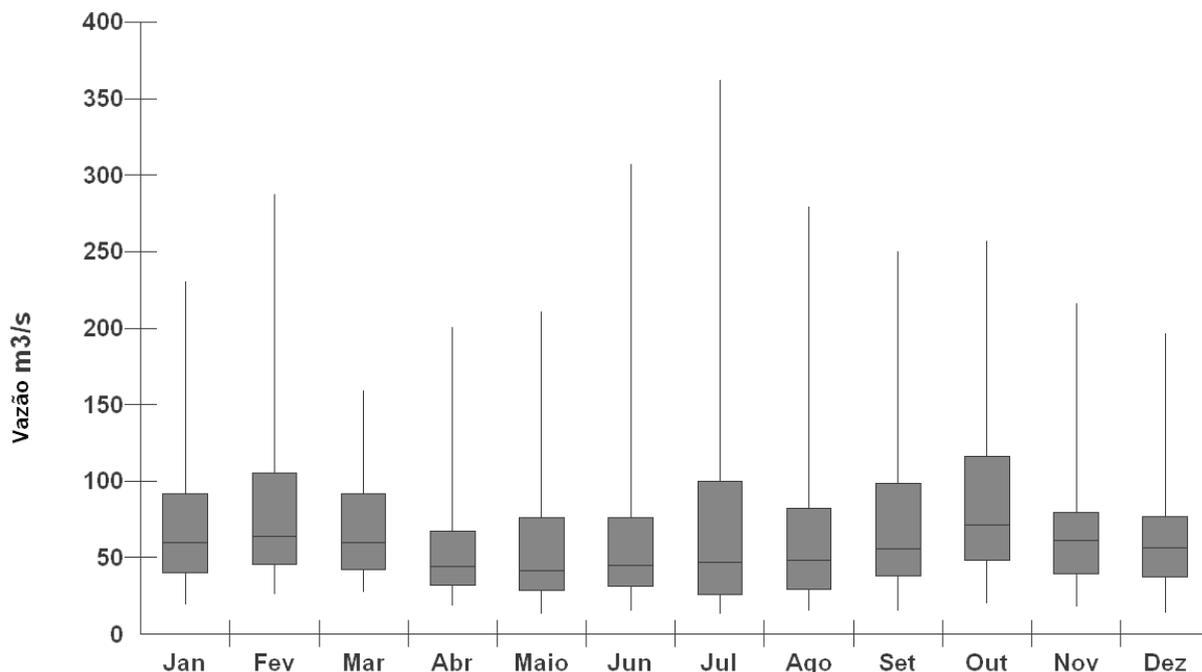


Fonte - Águas Paraná.

Observando a curva-chave do rio Negro nota-se uma maior dispersão nos dados de vazão quando o rio atinge a cota de 6 m (600 cm). Esta situação demonstra uma maior variação nos registros de vazão quando o rio está próximo de transbordar o seu canal principal configurando uma inundação. Essa variação se deve ao fato de que, quando o rio transborda, saindo do seu leito normal, a água do rio pode sofrer mudanças de volume de acordo com as características geomorfológicas do entorno do canal, dificultando as medições de vazão.

As vazões médias do rio Negro na cidade de Rio Negro apresentam uma distribuição ao longo do ano semelhante às precipitações. Os meses com as maiores medianas de vazão correspondem aos períodos de primavera e verão que apresentam também as maiores médias de precipitação e os meses com as menores medianas de vazão correspondem aos períodos de outono e inverno que registram as menores médias de precipitação (Figura 29).

Figura 29 – Gráfico representando as medianas das vazões médias mensais para cada mês registradas no rio Negro na cidade de Rio Negro (1930-2011).



Nota: as linhas verticais representam os máximos e mínimos das médias mensais de vazão no rio Negro demonstrando a variação nas médias ao longo do ano.

Fonte: Águas Paraná

O mês com a maior mediana de vazão é outubro, com $71,32 \text{ m}^3/\text{s}$, e o mês com a menor mediana de vazão é maio, com $41,51 \text{ m}^3/\text{s}$. Apesar das medianas de vazão estar associadas aos períodos de maior e menor médias de precipitação, os meses com as maiores e menores medianas de vazão não correspondem aos meses de maior e menor média de precipitação.

De acordo com o gráfico das medianas mensais de vazão do rio Negro durante o ano, os meses que apresentam as maiores amplitudes nos registros de vazão (representadas pelas linhas verticais), de modo geral, correspondem aos meses com maior frequência de inundações. O mês de março não apresentou nenhum registro de inundação e é o mês que apresentou a menor amplitude nos registros de vazão e os meses de junho, julho e agosto, com grande frequência de inundações, tiveram as maiores amplitudes de registros mensais de vazão. Com isso, pode-se afirmar que os meses que apresentam maiores variações positivas nos registros mensais de vazões, demonstram maior predisposição a ocorrência de inundações.

Com o objetivo de estabelecer uma relação entre as vazões registradas no rio Negro na cidade de Rio Negro durante as inundações com as chuvas que atingiram

a bacia hidrográfica do rio Negro, foram analisados alguns eventos de inundação. As inundações selecionadas para uma análise mais detalhada compreendem os mesmos dez eventos que tiveram a distribuição das chuvas espacializadas (Quadro 15).

Quadro 15 – Eventos de inundação selecionados para análise de vazão do rio Negro na cidade de Rio Negro e média de precipitações na bacia hidrográfica do rio Negro.

Ano	Data início	Data final	Vazão máxima (m³/s)	Ano	Data início	Data final	Vazão máxima (m³/s)
1980	02/12/80	20/02/81	440,60	1998	01/12/97	28/02/98	343,80
1984	02/08	14/09	551,88	1999	02/07	26/07	533,16
1988	01/05	04/07	356,80	2007	08/05	06/06	366,60
1992	17/05	23/06	942,00	2010	21/04	20/06	585,42
1993	20/09	31/10	428,00	2011	18/07	05/10	533,16

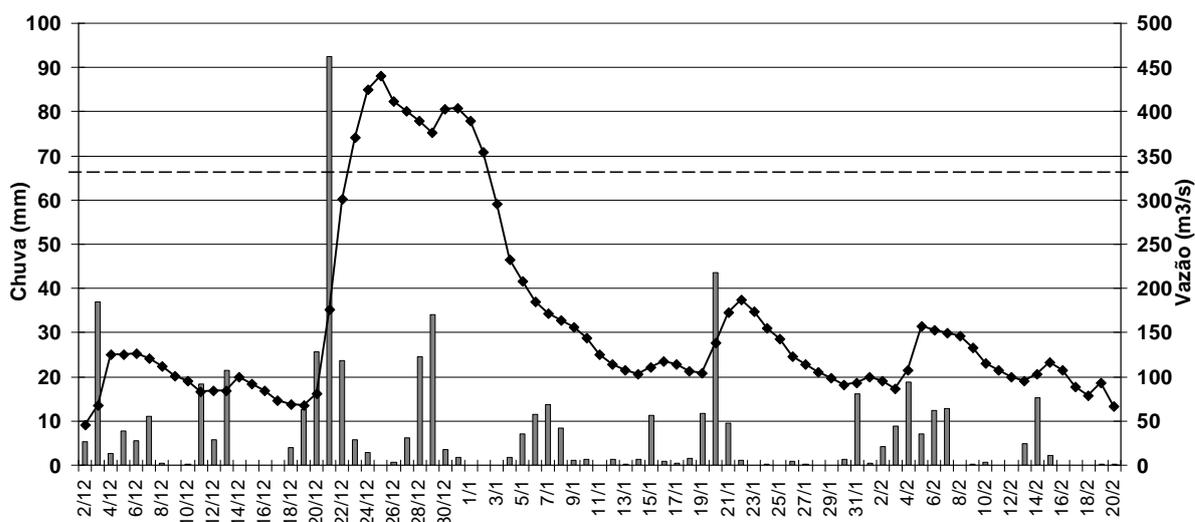
A relação entre as vazões do rio Negro na cidade de Rio Negro e as precipitações em sua bacia hidrográfica durante os eventos de inundação foram analisados comparando a vazão diária do rio Negro durante todo o processo de inundação e as médias de precipitação registradas nas estações pluviométricas instaladas no interior da bacia. Da mesma forma que foi realizada a análise das distribuições das chuvas, as vazões e precipitações serão agrupadas considerando processos de inundação com características semelhantes.

As inundações dos anos de 1980 e 1998 ocorreram na estação de verão e representam os processos de inundação que tiveram o maior tempo de duração. De acordo com os gráficos que representam as vazões e precipitações diárias durante os processos de inundação, nota-se que choveu na maioria dos dias em que se estabeleceu o processo e que a vazão máxima que originou a inundação foi resultante de um dia de chuva intensa, antecedido por vários dias de chuvas menos significativas (Figuras 30 e 31). As vazões nesses dois casos apresentam várias oscilações associadas a dias secos e dias chuvosos.

A inundação ocorrida em dezembro de 1980 foi de média proporção, em comparação com as inundações registradas na cidade, com a vazão alcançando o pico de 440,60 m³/s (Figura 30). O processo todo perdurou por 81 dias com 29 dias

com o rio negro aumentando sua vazão e 52 dias para retornar a sua vazão média causando 11 dias de inundação, ou seja, com sua vazão acima dos 335 m³/s. Após a maior chuva que atingiu a bacia hidrográfica, com pouco mais de 90 mm, o rio levou 4 dias para alcançar seu pico de vazão. O acumulado de chuva até o dia em que o rio chegou ao máximo de vazão foi de 280 mm.

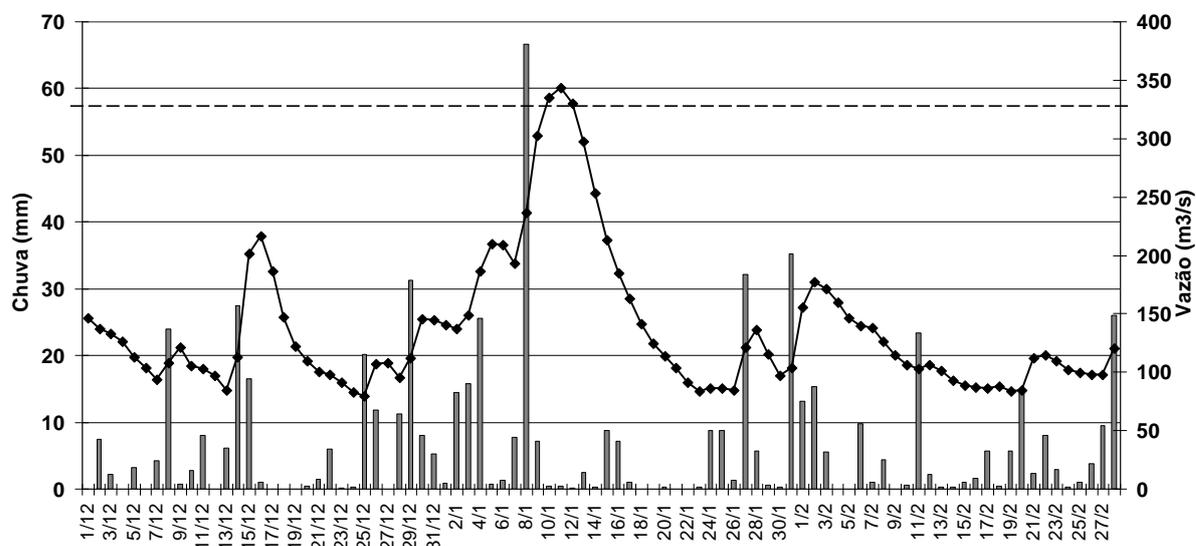
Figura 30 – Gráfico representando a relação entre a vazão do rio Negro na cidade de Rio Negro e as médias diárias de precipitação na bacia hidrográfica do rio Negro durante o processo de inundação ocorrido no ano de 1980.



Nota: chuvas representadas em colunas e vazões representadas em linhas. Linha tracejada indica a vazão de 335m³/s correspondente a cota de inundação.

Na inundação do ano de 1998, o rio Negro chegou à vazão de 343,50 m³/s causando uma inundação de pequeno porte (Figura 31). Todo o processo de inundação levou 90 dias, dos quais em 29 dias o rio subiu e levou outros 61 para diminuir seu volume até sua vazão média permanecendo com inundação por 3 dias. Depois da maior chuva que caiu sobre sua bacia, com cerca de 65 mm, o rio Negro levou 3 dias para ter sua vazão máxima. O total acumulado de chuva entre o início do processo e o dia em que o rio chegou à máxima vazão foi de 340 mm.

Figura 31 – Gráfico representando a relação entre a vazão do rio Negro na cidade de Rio Negro e as médias diárias de precipitação na bacia hidrográfica do rio Negro durante o processo de inundação ocorrido no ano de 1998.

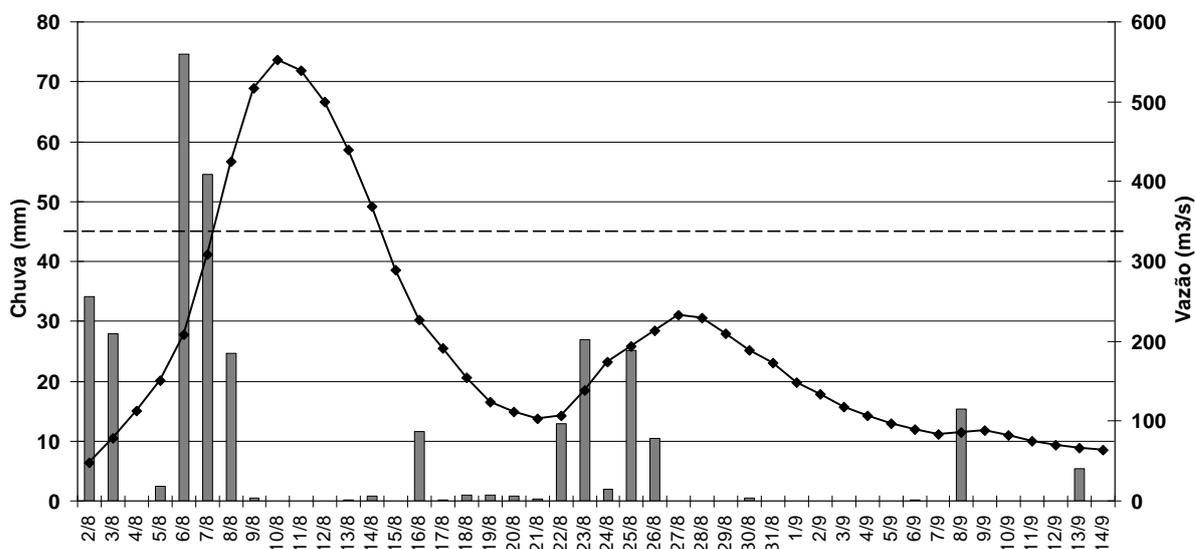


Nota: chuvas representadas em colunas e vazões representadas em linhas. Linha tracejada indica a vazão de $335\text{m}^3/\text{s}$ correspondente a cota de inundação.

As inundações dos anos de 1984 e 1999 ocorreram em períodos de atuação da anomalia climática do La Niña. Estes dois eventos se caracterizam pela curta duração e poucos dias de registros de chuva na bacia hidrográfica do rio Negro com as maiores concentrações de chuvas médias diárias registradas nos dias que antecedem a inundação (Figuras 32 e 33). Nos dois anos, as variações diárias de vazão apresentaram poucas oscilações.

No ano de 1984, a inundação teve o pico de $551,88\text{ m}^3/\text{s}$ com rio chegando à cota de 10 m (Figura 32). O processo de inundação durou 44 dias com 17 dias registrando o aumento na vazão do rio Negro, 7 dias de inundação e 27 dias para o rio alcançar sua vazão normal. O pico da vazão ocorreu 4 dias depois da bacia registrar o dia com a maior média de precipitação, cerca de 75 mm. O total de precipitação entre o início do processo de inundação e o dia que o rio atinge a máxima vazão foi de 218 mm.

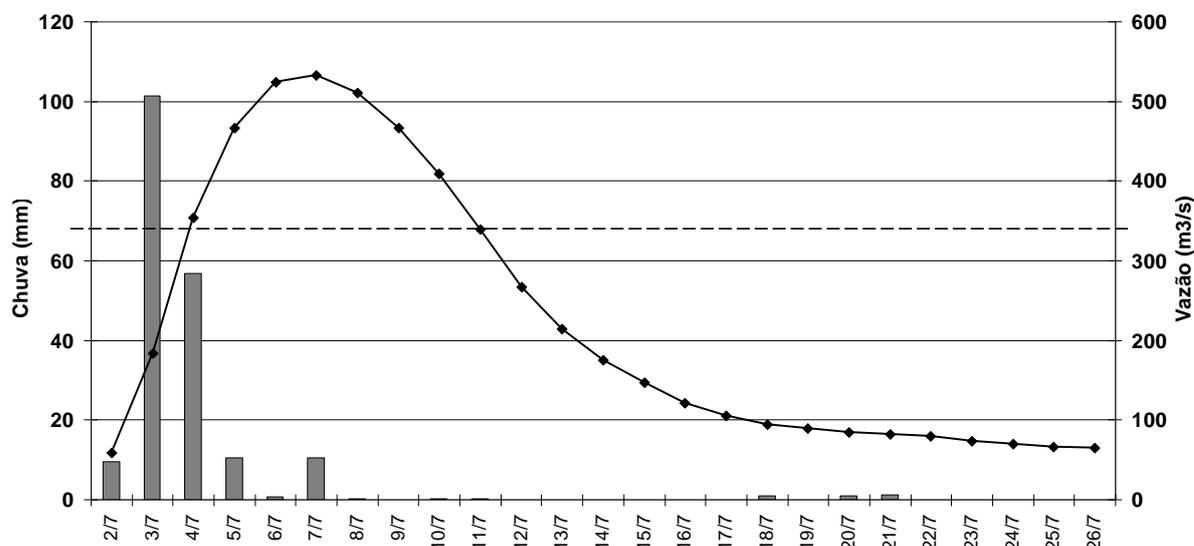
Figura 32 – Gráfico representando a relação entre a vazão do rio Negro na cidade de Rio Negro e as médias diárias de precipitação na bacia hidrográfica do rio Negro durante o processo de inundação ocorrido no ano de 1984.



Nota: chuvas representadas em colunas e vazões representadas em linhas. Linha tracejada indica a vazão de $335\text{m}^3/\text{s}$ correspondente a cota de inundação.

A inundação de 1999 foi a que apresentou o menor tempo de processo de inundação, apenas 25 dias, com o rio Negro chegando à vazão de $533,16\text{ m}^3/\text{s}$ (Figura 33). O rio demorou somente 6 dias para alcançar a vazão máxima que culminou na cota de quase 10 m do rio Negro, permaneceu na situação de inundação por 8 dias e demorou 19 dias para normalizar sua vazão chegando a cota média. O pico máximo da vazão foi alcançado 4 dias após o dia com a maior média de precipitação diária na bacia, de aproximadamente 100 mm. O total acumulado de chuva entre o início do processo e o dia em que o rio teve a vazão máxima foi de 190 mm.

Figura 33 – Gráfico representando a relação entre a vazão do rio Negro na cidade de Rio Negro e as médias diárias de precipitação na bacia hidrográfica do rio Negro durante o processo de inundação ocorrido no ano de 1999.

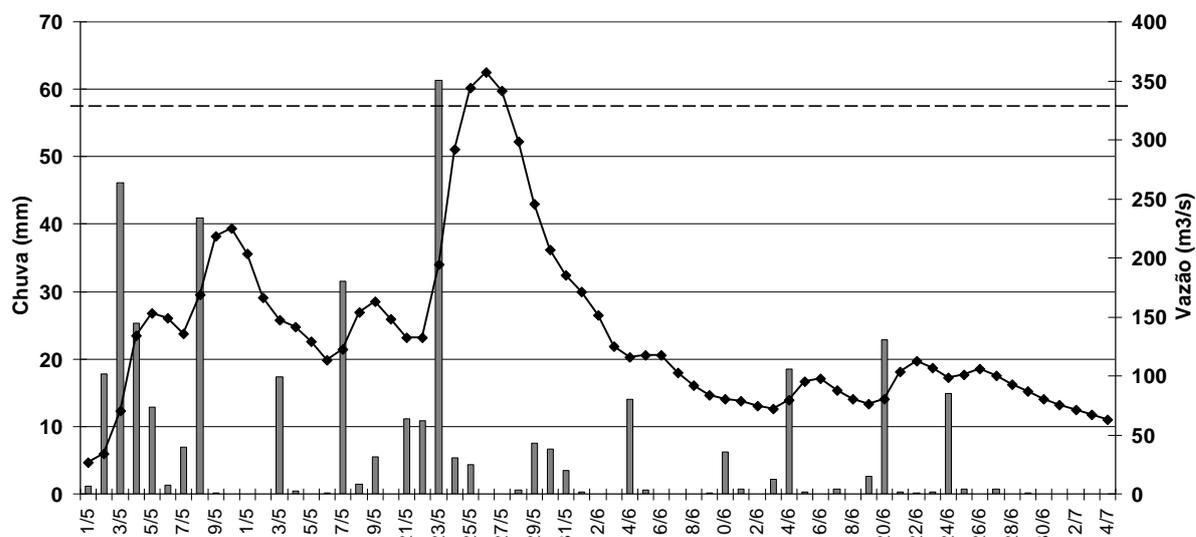


Nota: chuvas representadas em colunas e vazões representadas em linhas. Linha tracejada indica a vazão de $335\text{m}^3/\text{s}$ correspondente a cota de inundação.

As inundações ocorridas nos anos 1988, 1992, 2007, 2010; e 1993 e 2011, apesar de as quatro primeiras ocorrerem durante a estação de inverno e as duas últimas entre o inverno e a primavera, não apresentaram características notáveis que as diferenciavam das demais. As características dessas inundações variam de acordo com os volumes de chuvas, quantidade de dias de chuva e tempo de duração do processo, mas, aparentemente, sem relação direta com a época do ano ou variações climáticas.

A inundação ocorrida no ano de 1988 teve o seu processo de inundação em 65 dias e um pico de vazão de $356,80\text{ m}^3/\text{s}$ (Figura 34). O rio demorou 25 dias para alcançar sua vazão máxima permanecendo em inundação por 3 dias e demorando 40 dias para retornar a sua vazão média. A vazão máxima do rio foi alcançada 3 dias após a data que apresentou a maior média de chuva na bacia hidrográfica do rio Negro com pouco mais de 60 mm acumulados. O total de chuva entre o início do processo e o pico da vazão foi de 300 mm.

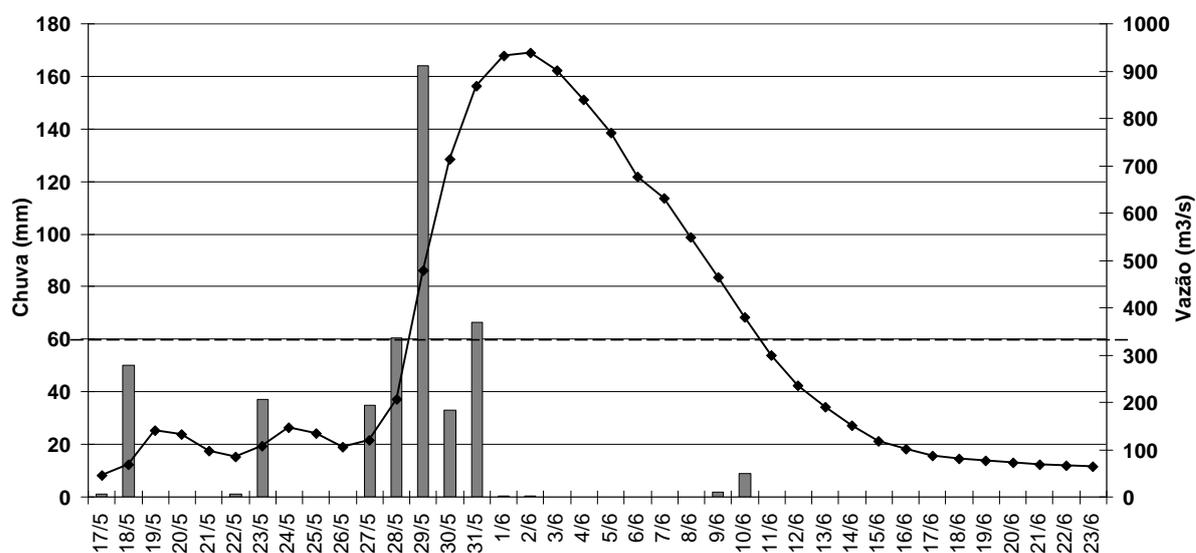
Figura 34 – Gráfico representando a relação entre a vazão do rio Negro na cidade de Rio Negro e as médias diárias de precipitação na bacia hidrográfica do rio Negro durante o processo de inundação ocorrido no ano de 1988.



Nota: chuvas representadas em colunas e vazões representadas em linhas. Linha tracejada indica a vazão de $335 \text{ m}^3/\text{s}$ correspondente a cota de inundação.

A inundação do ano de 1992 foi uma das maiores registradas na cidade de Rio Negro e a que apresenta a maior magnitude dos eventos selecionados para análise. Nessa inundação, o rio Negro chegou à vazão de $942,00 \text{ m}^3/\text{s}$. Apesar da grandeza dessa inundação, seu processo durou apenas 38 dias com o rio inundando a cidade por 13 dias (Figura 35). O rio Negro demorou 12 dias para chegar a sua vazão máxima e levou 26 dias para retornar a sua vazão média. A vazão máxima do rio foi registrada 4 dias após a data com a maior média de precipitação na bacia hidrográfica do rio Negro, com 165 mm acumulados em 24 horas. O total de precipitação entre o início do processo e o dia com a máxima vazão foi de 450 mm.

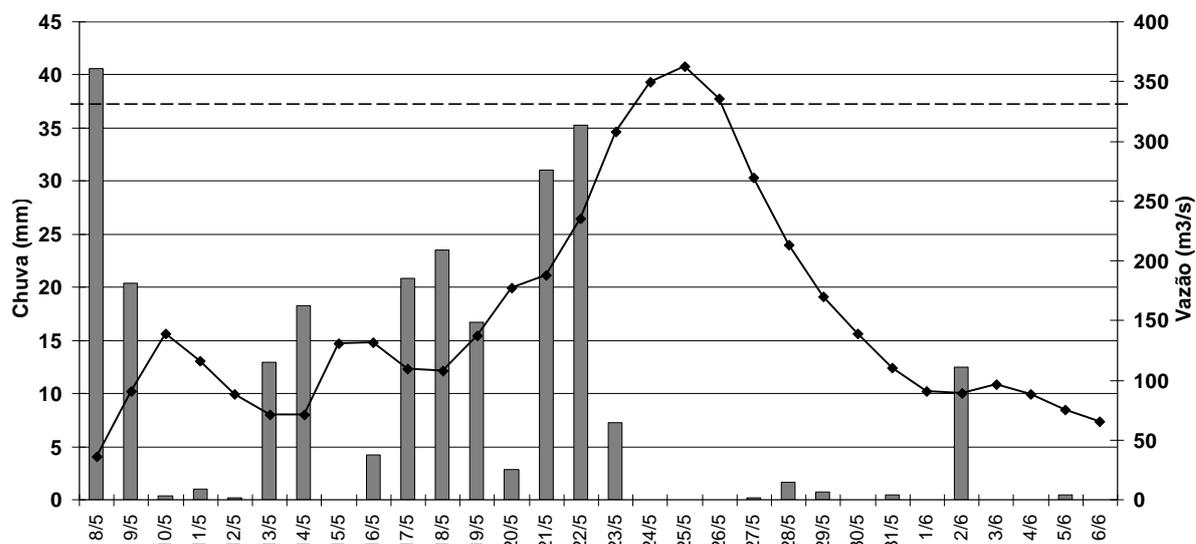
Figura 35 – Gráfico representando a relação entre a vazão do rio Negro na cidade de Rio Negro e as médias diárias de precipitação na bacia hidrográfica do rio Negro durante o processo de inundação ocorrido no ano de 1992.



Nota: chuvas representadas em colunas e vazões representadas em linhas. Linha tracejada indica a vazão de $335\text{m}^3/\text{s}$ correspondente a cota de inundação.

A inundação do ano de 2007 foi de pequenas proporções com o rio Negro alcançando a vazão máxima de $366,60\text{ m}^3/\text{s}$ em um processo de inundação com 30 dias (Figura 36). Ao contrário dos demais processos de inundação analisados, neste o rio Negro apresentou uma evolução menos desequilibrada do processo com 14 dias para chegar a vazão máxima e 16 dias para o rio voltar a sua vazão média com o rio permanecendo em inundação por 3 dias. Nesta inundação, o dia com a maior média de precipitação foi registrado no primeiro dia do processo com pouco mais de 40 mm acumulados. O pico da vazão do rio Negro ocorreu 3 dias após a última grande chuva na bacia hidrográfica do rio Negro. O acumulado de chuva entre as datas de início do processo de inundação e a máxima vazão do rio foi de 235 mm.

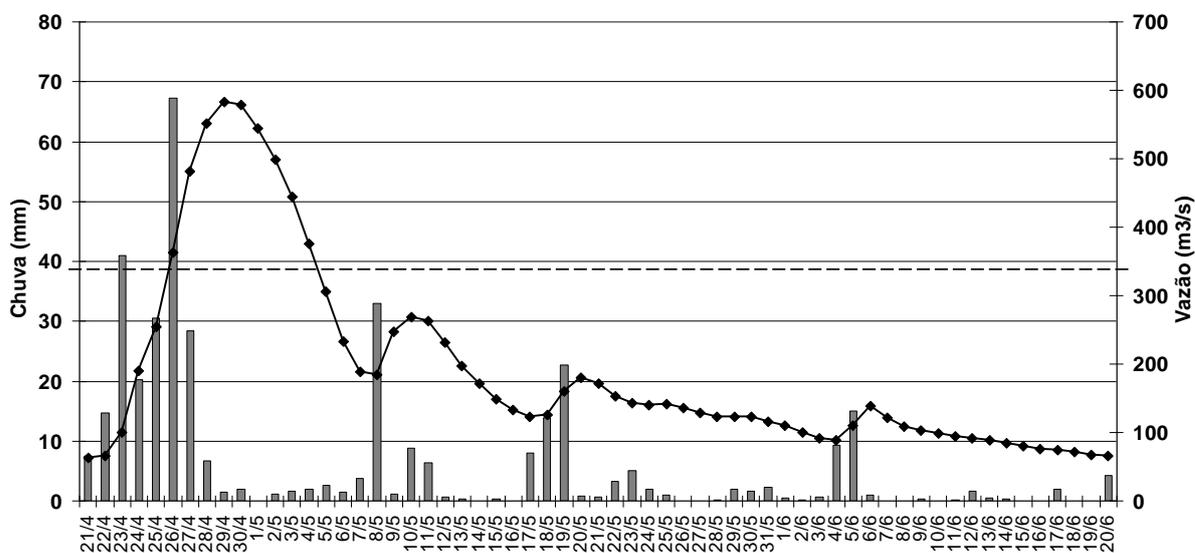
Figura 36 – Gráfico representando a relação entre a vazão do rio Negro na cidade de Rio Negro e as médias diárias de precipitação na bacia hidrográfica do rio Negro durante o processo de inundação ocorrido no ano de 2007.



Nota: chuvas representadas em colunas e vazões representadas em linhas. Linha tracejada indica a vazão de $335\text{m}^3/\text{s}$ correspondente a cota de inundação.

No ano de 2010 o processo de inundação perdurou por 61 dias com o rio Negro chegando ao pico de vazão de $585,42\text{ m}^3/\text{s}$, causando uma inundação de grande magnitude (Figura 37). Em todo o processo, o rio teve 17 dias com aumento de vazão, permanecendo em situação de inundação por 9 dias e demorando 44 dias para retornar a sua vazão média. O rio chegou a vazão máxima 3 dias após a maior chuva registrada na bacia hidrográfica do rio Negro com 67 mm acumulados. O total de precipitação que causou a inundação, registrado entre o início do processo e a vazão máxima do rio foi de 150 mm.

Figura 37 – Gráfico representando a relação entre a vazão do rio Negro na cidade de Rio Negro e as médias diárias de precipitação na bacia hidrográfica do rio Negro durante o processo de inundação ocorrido no ano de 2010.

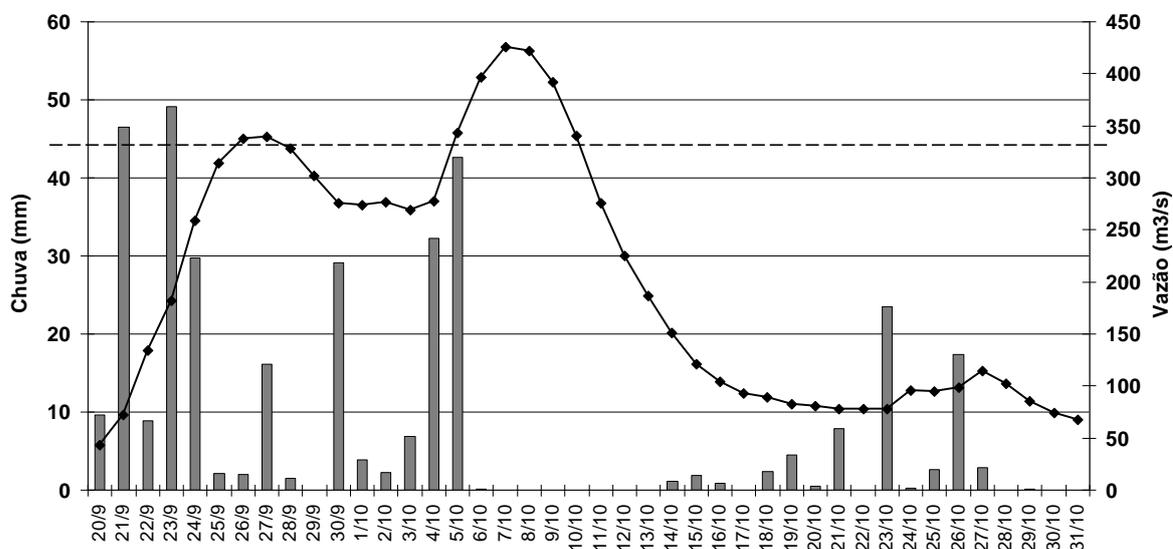


Nota: chuvas representadas em colunas e vazões representadas em linhas. Linha tracejada indica a vazão de $335\text{m}^3/\text{s}$ correspondente a cota de inundação.

As inundações dos anos de 1993 e 2011 ocorreram em períodos de final de inverno e início da primavera. Estas duas inundações, apesar de ocorrerem em épocas diferentes do ano, não demonstraram características significativas com as demais inundações registradas na estação do inverno. A similaridade entre estes dois eventos de inundação está nas pequenas inundações que precederam os picos das vazões. Estes dois eventos de inundação demonstram que chuvas contínuas diárias podem manter o rio Negro com sua vazão elevada por um longo período causando mais de uma inundação em um único processo.

A inundação do ano de 1993 teve seu processo estabelecido em 42 dias com o rio Negro chegando à vazão de $428\text{m}^3/\text{s}$ (Figura 38). Do total de dias, o rio levou 17 para alcançar o pico de vazão, permanecendo com inundação por 6 dias e demorando 25 dias para voltar a vazão média. O pico máximo da vazão foi precedido por uma pequena inundação ocorrida 10 dias antes causada por chuvas com volumes pouco acima das médias que elevaram o volume de água do rio Negro mantendo a sua vazão acima da média e posteriormente causando inundação quando novas chuvas alcançaram a bacia hidrográfica. Nessa inundação, a vazão máxima não ocorreu logo após o dia com maior média de chuva na bacia hidrográfica do rio Negro. O pico da vazão está relacionada com todo o período de chuva que antecedeu a vazão máxima, um acumulado de 280 mm.

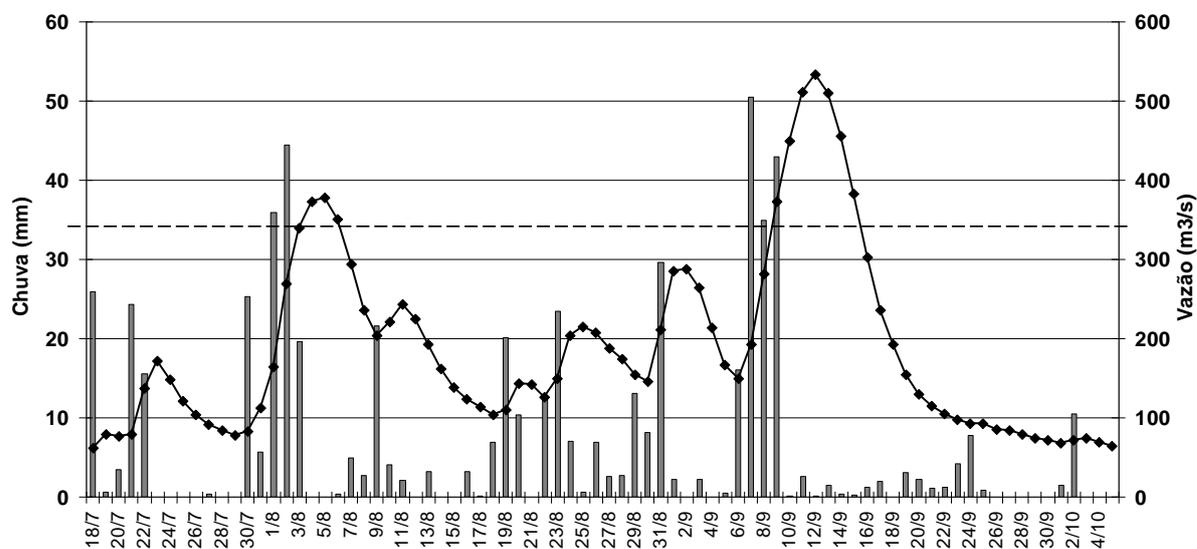
Figura 38 – Gráfico representando a relação entre a vazão do rio Negro na cidade de Rio Negro e as médias diárias de precipitação na bacia hidrográfica do rio Negro durante o processo de inundação ocorrido no ano de 1993.



Nota: chuvas representadas em colunas e vazões representadas em linhas. Linha tracejada indica a vazão de $335\text{m}^3/\text{s}$ correspondente a cota de inundação.

A última inundação analisada ocorreu no ano de 2011 com o rio Negro chegando à vazão de $533,16\text{ m}^3/\text{s}$ em um processo de 80 dias (Figura 39). Nessa inundação, a vazão máxima foi precedida por uma pequena inundação ocorrida dentro do período de 57 dias com chuvas de diferentes volumes que fizeram oscilar a vazão do rio até chegar ao pico, quando em 23 dias o rio retornou a sua vazão média. Do tempo total do processo de inundação, em 27 dias o rio Negro teve aumento de vazão e em 53 dias a vazão foi declinando até chegar à vazão média permanecendo na situação de inundação por 7 dias. Após cessarem as maiores chuvas na bacia hidrográfica do rio Negro, o rio levou 3 dias para chegar à vazão máxima. O total acumulado de chuva entre o início do processo de inundação e o pico da vazão foi de 540 mm com a maior média diária de chuva com 50 mm.

Figura 39 – Gráfico representando a relação entre a vazão do rio Negro na cidade de Rio Negro e as médias diárias de precipitação na bacia hidrográfica do rio Negro durante o processo de inundação ocorrido no ano de 2011.



Nota: chuvas representadas em colunas e vazões representadas em linhas. Linha tracejada indica a vazão de $335\text{m}^3/\text{s}$ correspondente a cota de inundação.

De modo geral, a análise da vazão do rio Negro e das médias diárias de precipitação na bacia hidrográfica do rio Negro dos dez eventos de inundação selecionados demonstra que as cheias no rio Negro são ocasionadas por chuvas de grande volume, bem acima da média, que atingem a bacia hidrográfica e a cidade de Rio Negro em curtos períodos de tempo ou ocorrem quando chuvas com volumes significativos atingem a bacia e a cidade por longo tempo causando um acúmulo gradativo de água que resulta em inundação.

Conforme o Quadro 16, que apresenta uma síntese das principais características dos dez eventos de inundação analisados, as inundações podem ocorrer em qualquer período do ano com processos de inundação que podem durar de 25 á 90 dias. Dos dez eventos de inundação analisados, o rio Negro teve sua cota variando entre 7,13 m e 14,42 m de lâmina de água e sua vazão entre $343,80\text{ m}^3/\text{s}$ e $942\text{ m}^3/\text{s}$, o que demonstra as diferentes magnitudes das inundações registradas na cidade de Rio Negro. Apesar das diferentes características que cada evento de inundação apresenta, com a análise dos dez eventos de inundação, foi possível estabelecer algumas medianas que representam condições de chuvas ideais para a ocorrência de uma inundação na cidade de Rio Negro. As inundações na cidade de Rio Negro costumam ocorrer quando toda a bacia hidrográfica do alto e médio cursos do rio Negro registra uma mediana de 280 mm de chuvas

acumulados durante 15 dias, o que corresponde á 17,50 mm de chuva diária. Esse acumulado de chuva que causa inundação, em geral, corresponde à mediana de 15% do total precipitado em um ano. Também pôde-se verificar que durante o processo de inundação há um desequilíbrio nos volumes diários de chuva e que o dia mais chuvoso costuma apresentar uma mediana de 66,93 mm correspondendo a 26,5% do total acumulado em todo o processo de inundação.

Outra característica analisada durante o processo de inundação foi a relação entre a ascensão e recessão do volume de água do rio Negro. A ascensão do rio Negro representa a subida do rio desde o dia em que se inicia o processo de inundação até o pico da vazão, na cota máxima alcançada pelo rio. A recessão corresponde à diminuição do volume de água do rio Negro até o dia final do processo de inundação. Todos os eventos de inundação analisados apresentaram um tempo de ascensão menor do que o tempo de recessão. Dos eventos analisados, constatou-se que as inundações do rio Negro, na cidade de Rio Negro, concentram-se 1,5 vezes mais rápido do que se dissipam.

O número de dez eventos de inundação selecionados resultou em uma análise satisfatória, foram analisados 18,5% do total de eventos de inundação registrados na cidade de Rio Negro. Os critérios considerados para a seleção dos eventos para análise também corresponderam ao esperado demonstrando as diferentes distribuições das chuvas na bacia hidrográfica do rio Negro durante as inundações nos diferentes períodos do ano. Da mesma forma, foi possível estabelecer médias e padrões das principais características das vazões do rio Negro durante as inundações.

Quadro 16 – Quadro síntese das características dos dez eventos de inundação analisados.

Ano	Data inicial	Data final	Duração do processo (dias)	Cota máxima (m)	Vazão máxima (m ³ /s)	Acumulado de chuva (mm)	Dias com chuva	Média chuva diária (mm)	Média máxima de chuva em 24 horas (mm)	***Tempo de ascensão (dias)	***Tempo de recessão (dias)	***Relação x recessão
1980	02/12	20/02	81	8,59	440,60	280 (15%)*	16	17,5	92,44 (33%)**	29	52	1,7
1984	02/08	14/09	44	10,08	551,88	218 (14%)*	7	31	74,66 (34%)**	17	27	1,5
1988	01/05	04/07	65	7,34	356,80	300 (23%)*	20	15	61,33 (20%)**	25	40	1,6
1992	17/05	23/06	38	14,42	942,00	450 (25%)*	8	56	164,21 (36%)**	12	26	2,1
1993	20/09	31/10	42	8,40	428,00	280 (15%)*	15	18,5	49,17 (18%)**	17	25	1,4
1998	01/12	28/02	90	7,13	343,80	340 (15%)*	31	11	66,65 (20%)**	29	61	2,1
1999	02/07	26/07	25	9,84	533,16	190 (12%)*	6	31	101,48 (53%)**	6	19	3,1
2007	08/05	06/06	30	7,48	366,60	235 (14%)*	15	15,5	40,55 (17%)**	14	16	1,1
2010	21/04	20/06	61	10,47	585,42	150 (8%)*	8	22,5	67,21 (45%)**	17	44	2,5
2011	18/07	05/10	80	9,84	533,16	540 (30%)*	40	13,5	50,53 (9%)**	27	53	3,1
Mediana						280 (15%)*	15	17,50	66,93 (26,5%)**	17	33,50	1,5
Desvio Padrão						119,26 (6,7%)*	11,17	13,57	36,05 (13,93%)**	7,8	15,77	0,82

Nota: *relação entre o total de chuva acumulado no ano e o total de chuva acumulado durante o processo de inundação.

**relação entre a média total de chuva acumulada na bacia hidrográfica do alto e médio cursos do rio Negro durante o processo de inundação e a média máxima de chuva em 24 horas na bacia hidrográfica do alto e médio cursos do rio Negro durante o processo de inundação.

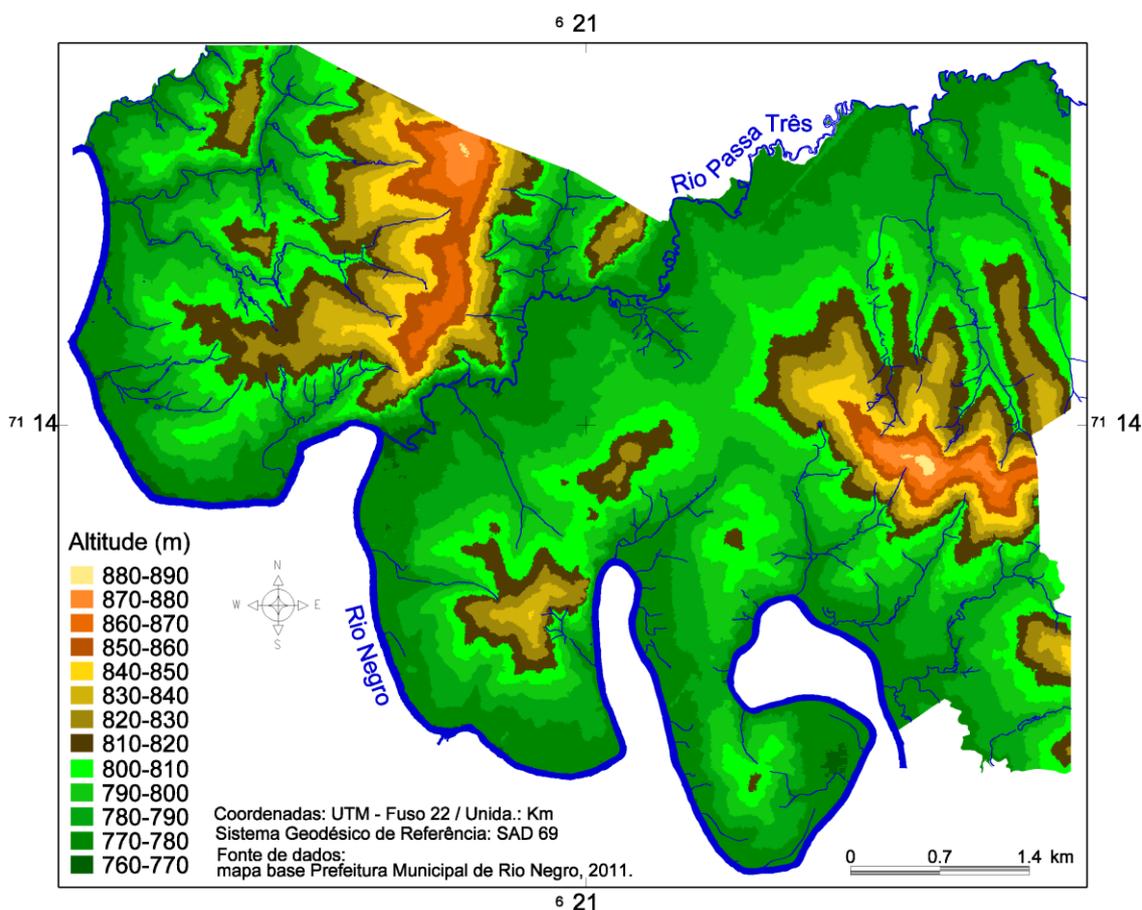
***tempo de ascensão e recessão estão relacionados, respectivamente, com o aumento e diminuição da vazão do rio Negro representados pelos gráficos de relação entre vazão do rio Negro na cidade de Rio Negro e as médias diárias de precipitação na bacia hidrográfica do alto e médio cursos do rio Negro durante os processos de inundação.

6.4 RELEVO DA CIDADE DE RIO NEGRO E SUA RELAÇÃO COM O PROCESSO DE INUNDAÇÃO

Para tentar estabelecer uma relação entre as inundações que afetam a cidade de Rio Negro e suas características físicas considerando sua localização próxima ao canal do rio Negro, foi realizada uma caracterização geomorfológica da cidade para compreender a dinâmica existente entre as áreas inundadas e o rio Negro.

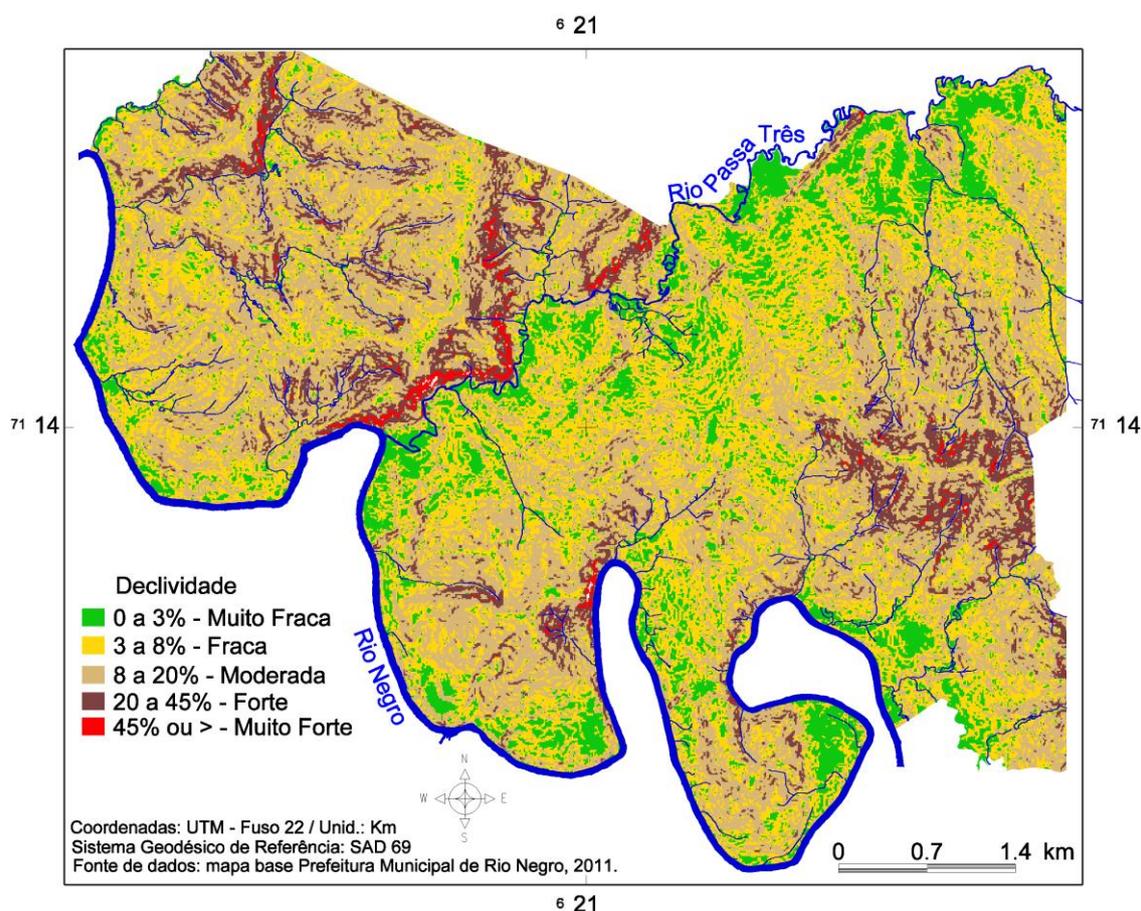
A cidade de Rio Negro apresenta altitudes variando entre 760 m e 890 m, com as áreas mais baixas localizadas próximas às margens dos rios Negro e Passa Três (Figura 40). As maiores altitudes concentram-se nos topos de três espigões principais (um a leste com orientação NW-SE, outro localizado na porção central da cidade com orientação NE-SW e outro na porção oeste com orientação N-S) que, junto com as vertentes e as áreas planas próximas aos rios, compõem o relevo da cidade de Rio Negro.

Figura 40 – Mapa de altimetria da cidade de Rio Negro.



O mapa de declividade da cidade de Rio Negro mostra que visualmente a maior parte da declividade na área urbana está entre 0% e 20% e que as declividades entre 20% e >45% ocupam apenas algumas faixas do sítio urbano (Figura 41).

Figura 41 – Mapa de declividade da cidade de Rio Negro.

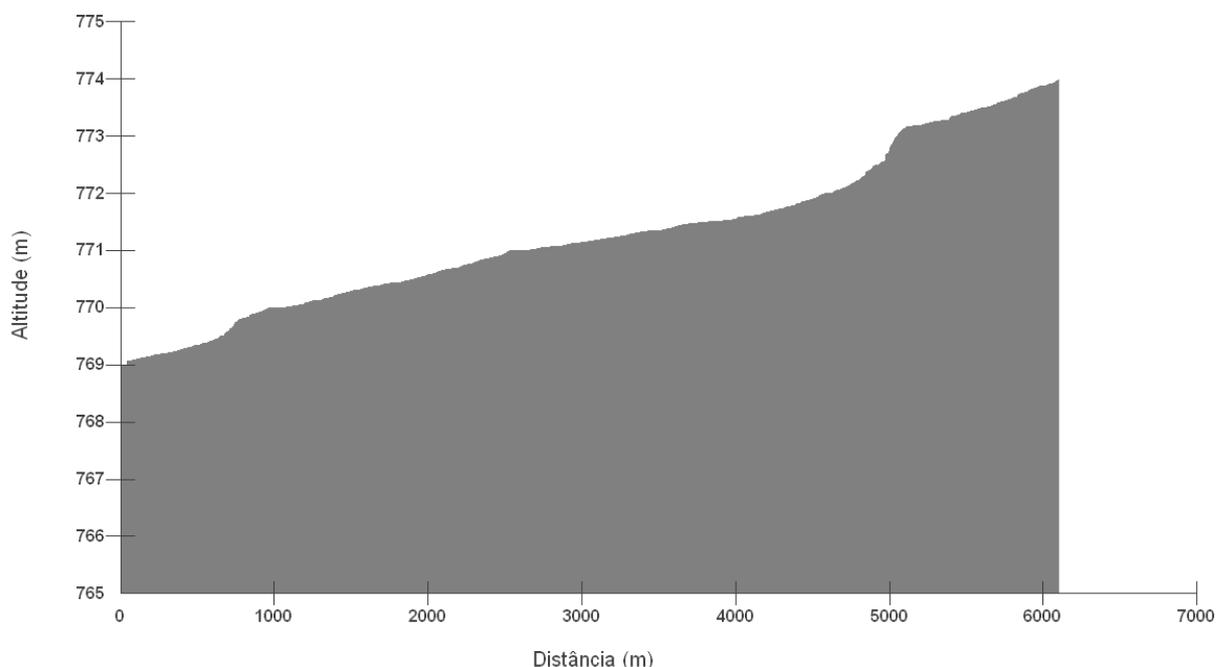


As declividades entre 0% e 8% consideradas Muito Fracas e Fracas encontram-se principalmente em áreas próximas às margens dos rios Negro e Passa Três, o que representa locais com superfícies planas. A declividade com porcentagens entre 8% e 20% ocorre nas áreas mais afastadas dos rios representando declividades Moderadas. E as declividades Forte e Muito Forte, entre 20% e >45%, ocupam pequenas áreas com destaque para uma ocorrência paralela à margem direita do baixo curso do rio Passa Três.

Como a maioria da área urbana apresenta declividades baixas, isso favorece a propagação das inundações para o interior da cidade avançando sobre os locais planos e pelos canais fluviais. O rio Passa Três, o maior rio urbano, que deságua

diretamente no rio Negro, percorre aproximadamente 6 km junto à cidade com uma declividade de 5 m nesse trecho (Figura 42).

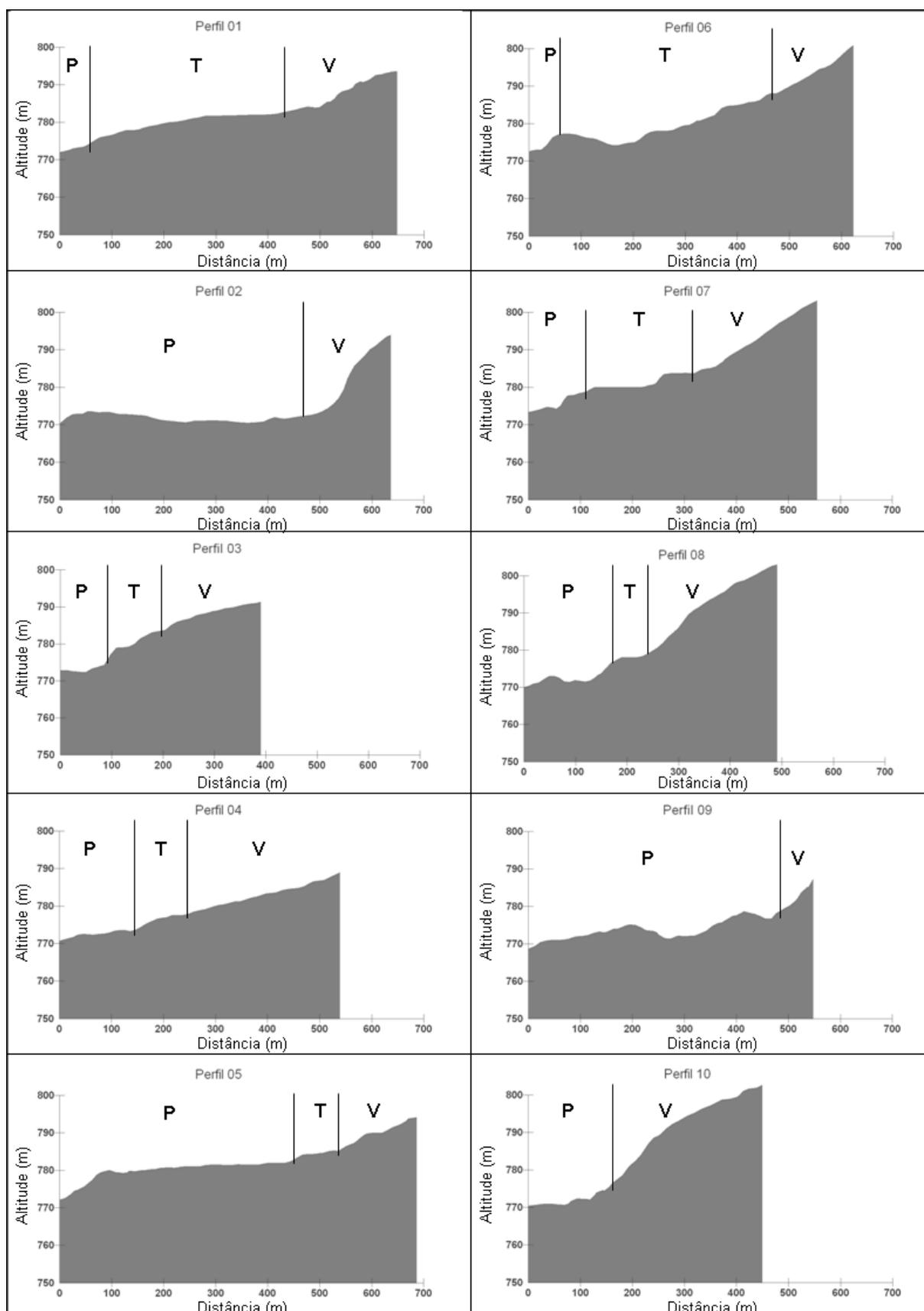
Figura 42 – Perfil longitudinal do baixo curso do rio Passa Três junto à área urbana da cidade de Rio Negro.



As baixas declividades localizadas ao longo da margem esquerda do rio Passa Três associadas ao seu baixo gradiente hidráulico fazem com que a água drenada pelo rio seja “barrada” pela cheia do rio Negro causando inundações ao longo do seu canal.

Com a finalidade de reconhecer o relevo das áreas próximas ao canal do rio Negro foram traçados perfis para representar as formas de relevo. Os dez perfis traçados perpendicularmente ao canal do rio Negro na área urbana de Rio Negro indicam as formas de relevo e as altitudes que ocorrem possibilitando a identificação das unidades geomorfológicas existentes (Figura 43).

Figura 43 – Perfis traçados perpendicularmente ao canal do rio Negro na área urbana de Rio Negro.



Nota: a letra "P" representa a planície de inundação, a letra "T" representa os terraços fluviais e a letra "V" representa as vertentes.

Analisando os mapas de altimetria, declividade e os perfis do relevo da área urbana de Rio Negro, é possível notar três principais unidades do relevo que se diferenciam pelas formas e pelas diferentes altitudes de ocorrência:

- Planícies de inundação (P): corresponde às áreas mais planas e baixas, localizadas junto às margens dos rios. As planícies de inundação “são áreas planas resultantes de acumulação fluvial sujeitas a inundações periódicas, correspondendo às várzeas atuais.” (IBGE, 2009). Segundo a definição hidrológica e geomorfológica de Christofolletti (1981; 1980), a planície de inundação é uma faixa do relevo paralela ao canal fluvial composta por sedimentos aluviais que é inundada pelo transbordamento do rio com certa frequência e que apresenta configuração topográfica específica relacionada com as águas fluviais, depósitos sedimentares e formas de relevo associadas com as cheias e a vazantes. Na cidade de Rio Negro, as planícies de inundação estão localizadas junto às margens dos rios Negro e Passa Três, ocupando 11% de toda a área urbana, com ocorrência entre as altitudes de 770 m e 778 m com uma pequena variação de 1 m ou 2 m de altitude dependendo da localização. Estas áreas são, de modo geral, planas com uma suave inclinação positiva no sentido transversal ao canal fluvial.

- Terraços fluviais (T): estas formas de relevo apresentam superfícies planas com acentuadas rupturas em forma de patamares. De acordo com Guerra (2003, p. 601), os terraços fluviais possuem “superfície horizontal ou levemente inclinada, constituída por depósito sedimentar, ou superfície topográfica modelada pela erosão fluvial.” Segundo Christofolletti (1981, p. 253), “quando os terraços são delimitados por outros terraços, no perfil transversal do vale forma-se uma sucessão de superfícies escalonadas, desde a planície de inundação até a vertente do vale”. Os terraços fluviais apresentam escarpa com a face voltada para o curso de água, que segue abrangendo as porções mais baixas ou a planície de inundação sendo limitada, em direção ao interflúvio, pela vertente do vale e podem ser definidos como antigas planícies de inundação abandonadas, localizadas em altitudes superiores ao curso de água atual onde se encontram livres das inundações mais recorrentes, exceto aquelas de maior magnitude que possuem um tempo de retorno mínimo de 10 anos. (CHRISTOFOLETTI, 1981).

Na cidade de Rio Negro os terraços fluviais encontram-se distribuídos em áreas irregulares e descontínuas em decorrência de processos erosivos, principalmente de origem fluvial, podendo apresentar dois patamares indicando dois

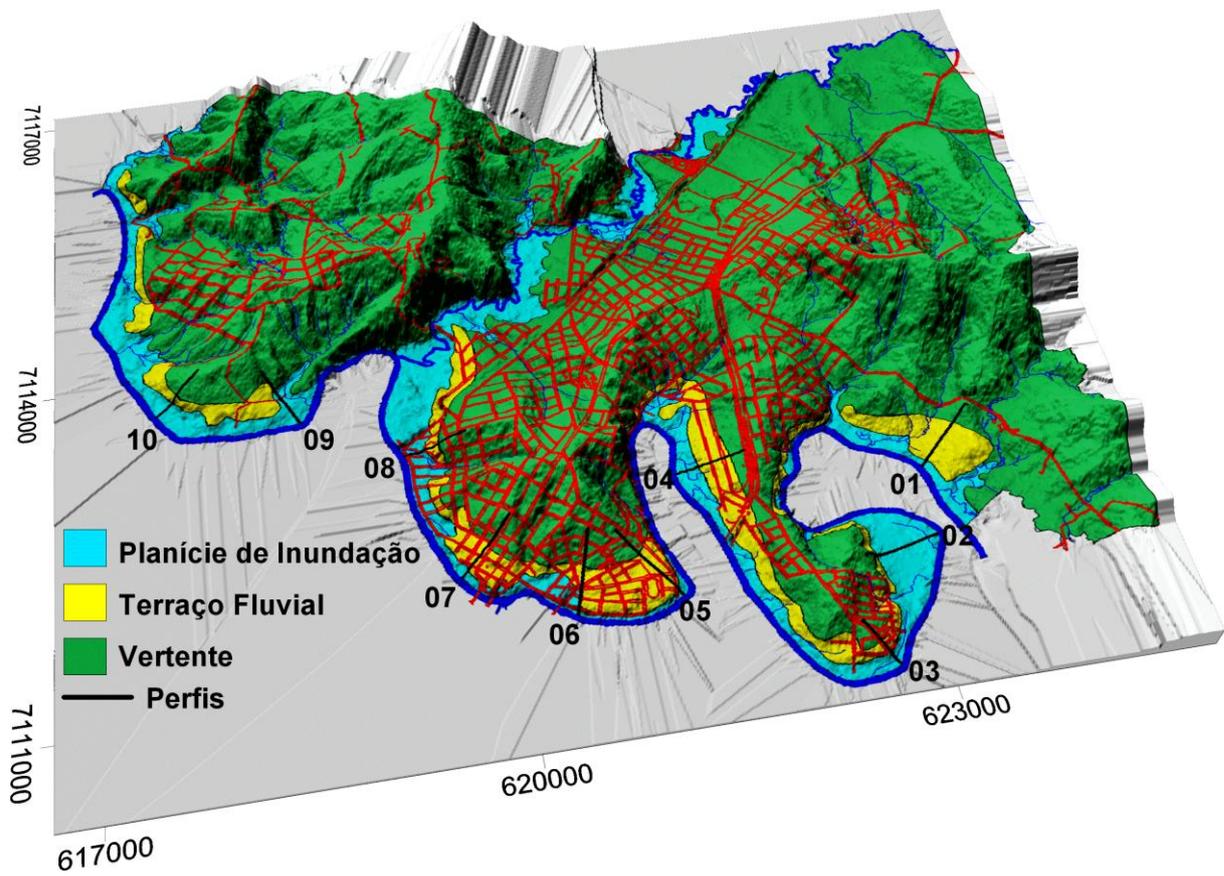
estágios de processos erosivos. Localizam-se entre a planície de inundação e as vertentes retilíneas, em geral, entre as cotas 778 m e 785 m, ocupando 7% de toda a área urbana.

- Vertentes (convexas, côncavas e retilíneas) (V): correspondem às áreas mais altas do relevo da cidade com altitudes superiores a 785 m onde o relevo apresenta acentuada inclinação positiva caracterizando as vertentes. Em geral, localizam-se acima da altitude de 785 m ocupando a maior parte da área urbana, 82%. Estas vertentes estão integradas aos topos alongados que formam espigões na área urbana de Rio Negro, com diferentes orientações modeladas sobre as rochas do Grupo Itararé.

Nem sempre as unidades geomorfológicas ocorrem exatamente nas mesmas cotas de altitude. Pode haver pequenas variações dependendo do local analisado e dos processos erosivos. Mas, de modo geral, as unidades geomorfológicas acima descritas ocorrem, na cidade de Rio Negro, próximas às cotas mencionadas.

A partir da análise dos mapas e perfis e da identificação das unidades geomorfológicas presentes na cidade de Rio Negro, foi elaborado um mapa tridimensional espacializando as unidades geomorfológicas na área urbana da cidade (Figura 44).

Figura 44 – Mapa tridimensional da cidade de Rio Negro destacando suas unidades geomorfológicas e a localização dos perfis traçados.

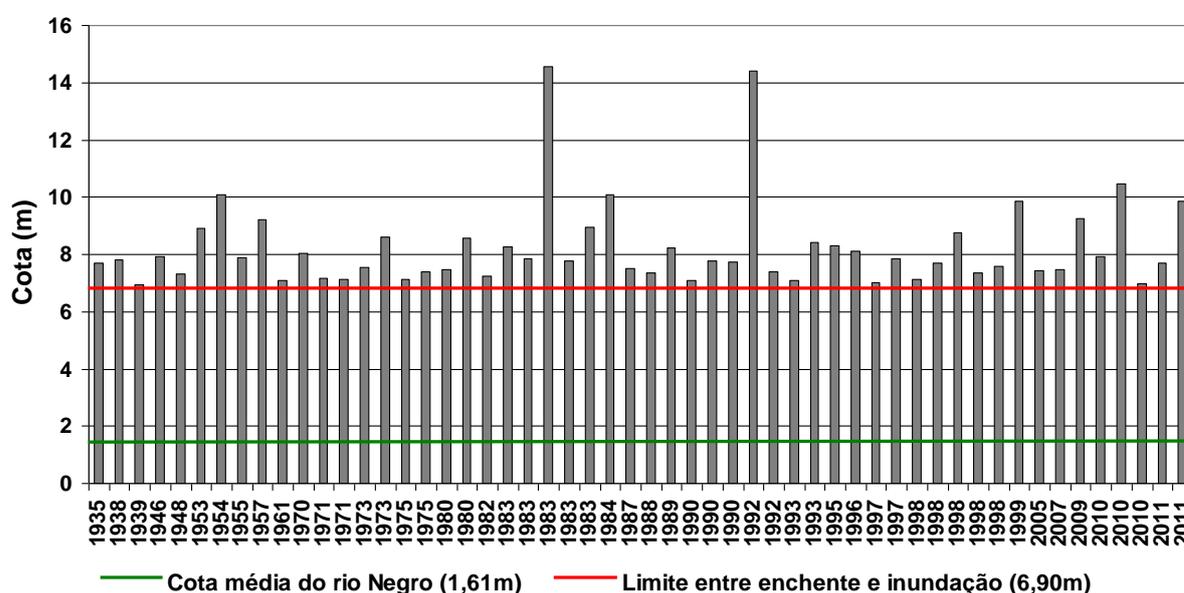


Nota: a numeração de 01 á 10 indica a localização dos perfis representados na Figura 43.

6.5 FREQUÊNCIA E MAGNITUDE DE INUNDAÇÃO E SUA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL NA ÁREA URBANA DE RIO NEGRO

De acordo com o histórico de inundações na cidade de Rio Negro, foram registrados 54 eventos de inundação pela estação fluviométrica de Rio Negro. Estas 54 inundações tiveram magnitudes diferentes, com o rio Negro alcançando diferentes cotas, entre 6,93 m, a mínima e 14,57 m, a máxima (Figura 45).

Figura 45 – Gráfico representando a altura das cotas do rio Negro durante os eventos de inundação na cidade de Rio Negro (1930-2011).



Fonte – Águas Paraná.

Agrupando esses 54 registros de cotas máximas alcançados pelo rio Negro durante as inundações, foi possível estabelecer três classes de frequência de inundação, ou seja, três classes em que as cotas máximas do rio Negro apresentam números semelhantes (Quadro 17).

Quadro 17 – Classes de frequência e tempo de recorrência de inundações na cidade de Rio Negro.

Classes de Frequência de Inundação	Nº de inundações	Porcentagem	Recorrência em anos
6,93m – 9,50m	47	87,04%	1,7
9,50m – 12,00m	5	9,26%	16,2
12,00m – 14,57m	2	3,70%	40,5

De acordo com as classes de frequência de inundação, as inundações que atingem as menores cotas, entre 6,93 m e 9,50 m são as mais comuns na cidade de Rio Negro, chegando a quase 90% de todos os eventos de inundação, ocorrendo uma a cada um ano e sete meses, em média. A classe que agrupa as inundações com cotas máximas entre 9,50 m e 12 m representa cerca de 10% de todas as ocorrências com uma inundação desse porte a cada 16,2 anos. A classe com as maiores inundações, cotas entre 12 m e 14,57 m, representa pouco mais de 3% de todas as inundações ocorrendo uma a cada 40,5 anos.

Com a definição das três classes de frequência de inundação na cidade de Rio Negro e a identificação da altitude do zero da régua de cotas do rio Negro, foi possível elaborar um mapa de inundação da cidade destacando as áreas de inundação e suas respectivas frequências e magnitudes que são inundadas.

Para o mapa de inundação foram identificadas cinco classes ou cinco áreas a serem mapeadas relacionadas com as inundações (Quadro 18). A Classe 1 representa os locais em que ocorrem enchentes, ou seja, o rio tem seu volume aumentado porém ainda mantém sua drenagem dentro dos limites do seu canal. Esta classe compreende todas as áreas entre as cotas 766 m e 772,9 m, ou seja, a partir da cota zero do rio Negro, altitude de 766 m, foram somados os 6,90 m de cota do rio que delimitam as situações entre enchente e inundação. A Classe 2 corresponde à classe com maior frequência de inundações com menores magnitudes, entre as cotas do rio 6,90 m e 9,50 m. Da mesma forma, são somados à cota zero da régua do rio os 6,90 m e os 9,50 m que indicam respectivamente os limites mínimos e máximos que delimitam esta classe que fica estabelecida entre as cotas 772,90 m e 775,50 m de altitude. A Classe 3 indica a classe com média frequência e magnitude de inundações entre 9,50 m e 12,00 m de cota do rio Negro representando, respectivamente, as altitudes de 775,50 m e 778,00 m. A Classe 4 representa a classe com a menor frequência de inundação e maior magnitude dos eventos entre 12,00 m e 14,57 m de cota do rio Negro resultando respectivamente nas altitudes de 778,00 m e 780,57 m. A Classe 5, última classe, indica os locais da cidade de Rio Negro que nunca foram atingidos pelas inundações, ou seja, cota do rio acima dos 14,57 m ou acima da altitude de 780,57 m.

Quadro 18 – Classes de frequência de inundação e suas respectivas cotas do rio Negro, altitudes e magnitudes.

Classes	Frequência	Cotas do rio (m)	Altitudes (m)	Magnitude
Classe 1	Enchente	0 – 6,90	766 - 772, 90	-
Classe 2	Alta frequência	6,90 – 9,50	772,90 - 775,50	Baixa
Classe 3	Média frequência	9,50 – 12,00	775,50 - 778,00	Média
Classe 4	Baixa frequência	12,00 – 14,57	778 - 780,57	Alta
Classe 5	Nenhuma	> 14,57	> 780,57	-

De acordo com a identificação e a espacialização das áreas de ocorrências de inundações na área urbana da cidade de Rio Negro, foram identificadas cinco classes relacionadas com as 54 inundações ocorridas nos últimos 81 anos de registros da estação fluviométrica de Rio Negro. Da área total estudada, cerca de 34 km², mais de 9 km² já foram atingidos por inundações, o que corresponde a pouco mais de 25% de toda a área urbana de Rio Negro, equivale a ¼ da cidade (Quadro 19). Fazendo uma análise no número de lotes identificados no mapa com menos de 10.000 m², o que excluí os lotes não residenciais, é possível observar que as maiores inundações já atingiram mais de 1.000 residências do total de 8.862 instaladas na área urbana. (IBGE, 2010).

Quadro 19 – Classes de frequência á inundação e suas respectivas áreas de abrangência e números de lotes atingidos.

Classe	Área km ²	Porcentagem da área urbana ocupada por cada classe	Total de área inundada em km ² (soma das classes*)	Número aproximado de lotes urbanos atingidos	Total de lotes atingidos (soma das classes*)
Enchente	2,3	6,7%	2,3	13	13
Alta frequência	2,4	7,0%	4,7	210	223
Média frequência	2,1	6,0%	6,8	350	573
Baixa frequência	2,9	8,5%	9,7	450	1023
Nula	24,8	72,0%	-	-	-
Área total	34,5	100%	-	-	-

Nota: *(Soma das classes de acordo com a evolução da inundação).

De acordo com o quadro, o tamanho das áreas ocupadas em cada classe de frequência de inundação é semelhante, porém o número de lotes atingidos em cada classe cresce à medida que os eventos de inundação apresentam média e baixa frequência de ocorrência, conseqüentemente, maiores magnitudes. Também é significativa a diferença no número total de lotes atingidos que dobram de valores à medida que as inundações apresentam maiores magnitudes, demonstrando o impacto na cidade de Rio Negro durante as grandes inundações.

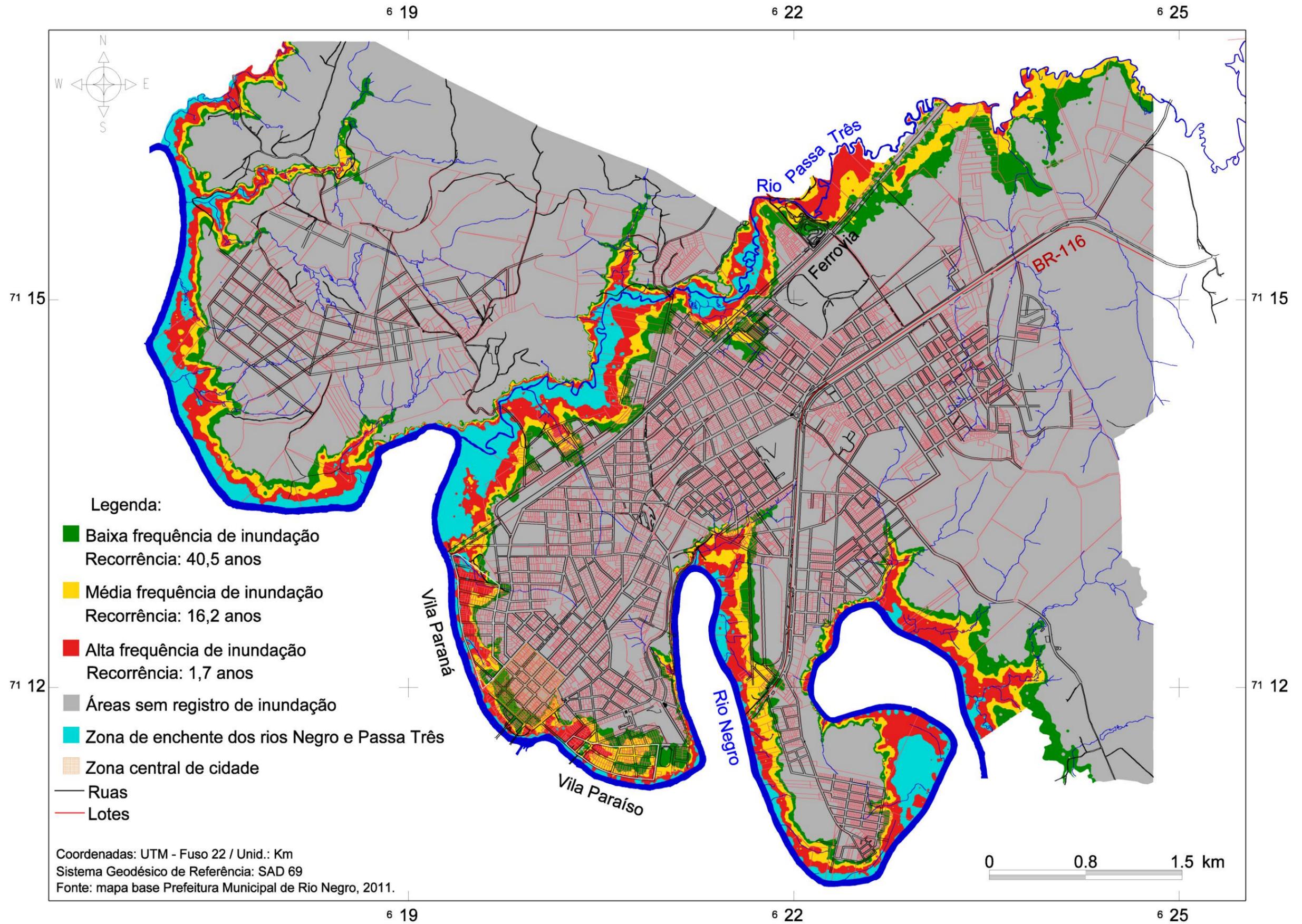
Conforme o mapa, as áreas com maior frequência de inundações estão localizadas próximas às margens dos rios Negro e Passa Três (Figura 46). A grande maioria das áreas atingidas pelas inundações é composta por grandes lotes (maiores que 10.000 m²) utilizados, provavelmente, para uso agrícola o que não afeta um grande número de pessoas. Apesar de serem menores as áreas de inundação que apresentam pequenos lotes, o que configura zonas residenciais, é grande a concentração de pessoas nesses locais. Nota-se no mapa ainda que as classes de frequência de inundação sempre ocupam áreas próximas, áreas paralelas aos rios Negro e Passa Três, indicando os locais mais suscetíveis à inundação.

Os locais com maior número de lotes atingidos durante as inundações estão na zona central da cidade e nos bairros Vila Paraná e Vila Paraíso, localizados junto à margem do rio Negro. Esses três locais somam cerca de 600 lotes atingidos durante as maiores inundações e correspondem a áreas residenciais consolidadas, com toda infraestrutura e saneamento básico, o que torna difícil qualquer iniciativa de remoção de moradores ou mudança no uso do solo urbano para essas regiões e também o fato destas áreas estarem próximas ao centro da cidade e desfrutarem do fácil acesso aos serviços públicos e privados ali instalados.

Em relação ao relevo da cidade de Rio Negro e a frequência e magnitude das inundações, as áreas consideradas como planície de inundação, durante as inundações são ocupadas pelas enchentes e pelas inundações com maior frequência de ocorrência e menor magnitude, classes 1 e 2, respectivamente. Já os terraços fluviais, localizados pouco acima da planície de inundação, são atingidos pelas cheias de média e baixa frequência, representando as inundações de média e alta magnitudes. Durante os eventos de maior magnitude, as inundações atingem a base das vertentes demonstrando que nas maiores inundações toda a parte baixa e plana da cidade de Rio Negro é inundada e que inundações com maiores volumes

de água provavelmente não avançarão muito mais sobre a cidade. As vertentes, por suas altitudes e formas mais abruptas, funcionam como uma barreira para o avanço das inundações cidade adentro.

Figura 46 - Mapa de áreas de inundação da cidade de Rio Negro com as respectivas classes de frequência de inundação e ocorrência em anos



7 CONCLUSÕES

As inundações que atingem a cidade de Rio Negro são condicionadas por três variáveis principais: concentração e quantidade de chuvas; características fisiográficas da bacia hidrográfica do alto e médio cursos do rio Negro, principalmente o relevo; e localização da área urbana de Rio Negro.

Todo o processo das inundações que afetam a cidade de Rio Negro começa quando chuvas intensas e concentradas, com volumes diários e mensais acima das médias históricas atingem toda a bacia hidrográfica do alto e médio cursos do rio Negro. Estas chuvas se distribuem de maneira heterogênea, variando os índices de precipitação pela bacia, porém, sempre com acumulados mensais ultrapassando as médias históricas registradas nos últimos 89 anos na cidade de Rio Negro.

Quando as chuvas acima da média atingem a bacia hidrográfica do alto e médio cursos do rio Negro, há uma tendência de que ocorra a concentração de água no seu interior por consequência das suas características fisiográficas que tendem a favorecer o escoamento superficial, principalmente em função dos aspectos relacionados com o seu relevo. A bacia encontra-se sobre dois contextos diferentes de litologias, a Leste com as rochas do Complexo Granulítico de Santa Catarina constituído por rochas mais permeáveis associadas a um relevo declivoso próximo à Serra do Mar, e a Oeste com as rochas da Bacia Sedimentar do Paraná com rochas relativamente impermeáveis e um relevo suave com planaltos e colinas. Os solos que cobrem a bacia, em geral, são pouco profundos tendendo a sofrer rápida saturação facilitando o escoamento superficial. À medida que o escoamento superficial se torna intenso, relacionado com as chuvas concentradas e de grande volume, o principal rio da bacia, o rio Negro, gradativamente vai aumentando seu volume, um processo relativamente lento, pois o tamanho da bacia hidrográfica e o relevo plano do seu interior condicionam uma drenagem lenta que mesmo após a passagem das chuvas continuam contribuindo com o aumento de vazão do rio Negro.

Quando o rio Negro tem sua vazão aumentada em cerca de cinco vezes a sua média, o rio transborda o seu canal e avança sobre área urbana de Rio Negro que está instalada junto à margem direita do médio curso do rio Negro, ocupando a sua planície fluvial. Apesar de a bacia apresentar boa cobertura florestal e poucas áreas urbanas impermeáveis, isso não influencia significativamente na redução das

inundações, pois os relatos históricos do início da ocupação humana na bacia hidrográfica do rio Negro já descrevem inundações frequentes e de grande magnitude.

A cidade de Rio Negro desde o seu surgimento vem registrando várias inundações relacionadas com as cheias do rio Negro. Os relatos históricos de jornais e livros mostram que as inundações na cidade são eventos recorrentes e que causam grande impacto, tanto na cidade de Rio Negro como em toda a região do alto rio Iguaçu, a ponto de serem mencionadas em edições especiais de jornais e livros que versam sobre a ocupação humana na região. Os jornais e livros também destacam a inundação ocorrida no mês de junho de 1891, que causou grande impacto na cidade de Rio Negro e região, em que o nível do rio Negro chegou próximo do piso da Ponte Metálica, nível semelhante atingido nas inundações de julho de 1983 e junho de 1992. Na história mais recente da cidade de Rio Negro, nos últimos 81 anos, foram registradas 54 inundações de várias magnitudes resultando em uma média de uma inundação a cada um ano e meio.

As ocorrências de inundações na cidade de rio Negro estão relacionadas com períodos de chuvas com precipitações acima da média que, na grande maioria das vezes, são influenciadas por anomalias climáticas como El Niño e La Niña. Do total de eventos de inundação registrados na cidade de Rio Negro, 68% deles ocorreram nas estações de inverno e primavera e 32% no outono e verão, sendo que 60% deles estão associados com a atuação do El Niño e 25% com a La Niña. Apenas 12% das inundações estão relacionadas com anos de condições normais de clima.

As inundações que ocorrem no verão costumam apresentar um processo de inundação mais longo, até três meses de duração, com chuvas de médios volumes diários atingindo a bacia hidrográfica do rio Negro por um longo período gerando inundação de pequena magnitude. No verão as chuvas apresentam maior volume nas porções sul e leste da bacia. As inundações na estação do verão são ocasionadas por chuvas geradas pelas altas temperaturas e umidade do ar típicos desse período do ano. Podem também ter como origem a atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul.

As inundações em anos de La Niña têm um processo rápido com chuvas bem acima da média concentradas em poucos dias causando uma rápida subida do rio Negro. As inundações registradas em anos de La Niña foram de grande magnitude

com os maiores volumes de chuva observados nas porções sul e leste da bacia hidrográfica do rio Negro.

Nas estações de outono e inverno, as chuvas que causam inundações costumam apresentar características semelhantes com os maiores volumes de chuvas registrados na bacia hidrográfica do rio Negro nas proximidades da cidade de Rio Negro. As inundações que ocorrem nesses períodos do ano apresentam grandes magnitudes. No outono e inverno, as chuvas estão relacionadas com frentes frias e massas polares que provocam chuvas em dias consecutivos acumulando grandes volumes de precipitação durante sua passagem e posteriormente proporcionam tempos estáveis, sem chuva.

Na estação da primavera as inundações são causadas por chuvas acima da média histórica, mas com volumes diários de chuva menores que os registrados no inverno. Na bacia hidrográfica do rio Negro, nessa época, a maior concentração de chuva está na porção sul. As inundações registradas nessa estação não apresentam grande magnitude. A primavera costuma ter tempo instável com atuação do Complexo Convectivo de Mesoescala causando chuvas na região.

Em relação às vazões do rio Negro, notou-se que os meses que apresentam a maior variação entre as médias mensais de vazão, meses do inverno e primavera, são os meses que possuem maior número de registro de inundações. Com isso pode-se inferir que os meses com maior variação nas vazões são os meses com os tempos mais instáveis que fazem oscilar as vazões do rio Negro e, conseqüentemente, estão mais propensos a causar inundações. De modo geral, com base na análise das vazões do rio Negro e nas precipitações médias diárias da bacia hidrográfica do rio Negro, as inundações são causadas por chuvas de grande volume, acima da média histórica, que atingem a bacia e a cidade de Rio Negro durante curtos (dias) ou longos (meses) períodos. Com essa análise também se pode afirmar que as inundações que atingem a cidade de Rio Negro são do tipo gradual, pois, em geral, o processo das inundações perdura por dias ou meses, com a vazão do rio Negro variando gradualmente.

Com a análise das vazões e médias diárias de chuva foi possível estabelecer alguns padrões relacionados com as inundações. O acúmulo de 280 mm de chuva na bacia hidrográfica do rio Negro durante 15 dias é suficiente para causar uma inundação na cidade de Rio Negro. O volume acumulado de chuva em uma inundação corresponde, em média, 15% do total de chuva acumulada no ano da

inundação. Esses números correspondem às medianas de dez eventos de inundação analisados, o que corresponde a 18,5% do total das inundações registradas na cidade de Rio Negro. Também foi possível estabelecer que o rio Negro, em média, tem uma velocidade 1,5 vezes maior para subir, ou seja, para aumentar seu volume do que para diminuir sua vazão até a vazão média. Isso significa que durante as inundações o rio sobe 1,5 vezes mais rápido do que baixa.

Além de reconhecer as influências da bacia hidrográfica do rio Negro sobre o processo das inundações que afetam a cidade de Rio Negro também é importante conhecer o quanto a cidade é vulnerável às cheias do rio.

A cidade de Rio Negro encontra-se localizada junto à margem direita do médio curso do rio Negro. A área urbana da cidade apresenta um relevo composto por vertentes com altitudes entre 785 m e 900 m e planícies de inundação e terraços fluviais nas altitudes entre 770 m e 785 m representando as partes baixas da cidade. A planície de inundação e os terraços fluviais são áreas planas localizadas junto à margem do canal do rio Negro e do rio Passa Três, com declividades Muito Fracas e Moderadas que correspondem aos locais atingidos pelas inundações. Outro aspecto da geomorfologia da cidade de Rio Negro que favorece a ocorrência de inundações é o rio Passa Três, maior rio urbano, que possui pouca declividade em seu baixo curso favorecendo a propagação das inundações para o interior da cidade.

A cidade de Rio Negro ocupa boa parte da planície de inundação e dos terraços fluviais do rio Negro desde a instalação dos primeiros moradores, fato que pode ser comprovado pelos relatos históricos e pela proximidade da zona central da cidade com o rio, distante poucos metros da sua margem. O estabelecimento do centro da cidade próximo do rio Negro influenciou em toda a expansão da cidade que se deu primeiramente junto à margem do rio e posteriormente as áreas altas nas vertentes.

A irrestrita ocupação da planície de inundação e dos terraços fluviais do rio Negro associadas às características fisiográficas da bacia hidrográfica do rio Negro favorecem a ocorrência das inundações na cidade de Rio Negro, que são constantes e, algumas vezes, com grandes magnitudes causando impactos de grande monta.

O mapa de frequência e magnitude de inundação mostra que 25% de toda a área urbana de Rio Negro já foi atingida pelas inundações alcançando um total aproximado de 1.000 lotes urbanos. Os locais com maior número de lotes atingidos durante as inundações são o centro da cidade e os bairros Vila Paraná e Vila

Paraíso, todos instalados próximos ao rio Negro, que juntos somam aproximadamente 600 lotes vulneráveis a inundações. Esses locais concentram áreas de comércio e residências que desfrutam de toda infraestrutura, saneamento básico e proximidade com órgãos públicos e serviços o que torna difícil qualquer iniciativa de remoção de moradores ou mudança no uso do solo urbano.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. F. M.; CARNEIRO, C. DAL-RÉ.; **Origem e evolução da Serra do Mar.** Revista Brasileira de Geociências. v. 28, n. 2, p. 135-150, jun. 1998.

AMARAL, R.; RIBEIRO, R. R. Inundação e Enchentes. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. **Desastres Naturais: conhecer para prevenir.** 2 ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2012. cap. 3. p. 39-52.

ARBIGAU, L.; LEÃO, E. A.; NEGRÃO, F. P. D.; PEREIRA, A. N.; AELDERT, C. L.; HAUER-JUNIOR, J.; ESTEVES, J. O.; TACLA, P.; GROFF, J. B. **Paraná – Santa Catarina: Centenário da Colonização Alemã. Rio Negro-Mafra 1829-1929.** 1. ed. Curitiba: Empresa Editora Oliveiro, 1929. 196 p.

AZEVEDO, L. C.; ANDRADE, A. R.; SOUZA, P.; NERY, J. T. **A influência do fenômeno El Niño na vazão da bacia do rio Iguaçu-PR.** Perspectiva Geográfica. v. 1, n. 2, p. 51-65, 2006.

AZEVEDO, L. C.; NERY, J. T.; ANDRADE, A. R. Análise da precipitação pluviométrica na bacia do rio Iguaçu. Sem ano. **Anais eletrônico...** Congresso Brasileiro de Meteorologia. Disponível em: www.cbmet.com/.../22-9961b1218d749333e2315a292c85084a.doc. Acesso em: 13 nov. 2012.

BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H. **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas & SIG.** Brasília: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2003. 692p.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil.** 1. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. cap. 6. p. 153-192.

BRASIL. Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. **Dispõem sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências.** Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6766.htm. Acesso em: 20 de agosto de 2012.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Instituí a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências.** Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm. Acesso em: 12 de março de 2012.

BRASIL. Ministério das Cidades / Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margens de Rios**. Organizadores: CARVALHO, C. S.; MACEDO, E. S.; OGURA, A. T. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007.

CARVALHO, S. M. **A contribuição dos estudos em bacias hidrográficas para a abordagem ambiental na geografia**. In: MENDONÇA, F. A.; LOWEN-SAHR, C, L.; SILVA, M. Espaço e Tempo: complexidade e desafios do pensar e do fazer geográfico. 1. Ed. Curitiba: ADEMADAN, 2009. p. 201-218.

CASTRO, A. L. C. **Manual de Desastres: desastres naturais**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2003. 174p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 188 p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial**. v. 1. São Paulo: Edgard Blücher, 1981. 313 p.

COELHO NETO, A. L. Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. cap. 3. p. 93-148.

CRED (Center of Research on the Epidemiology of Disasters). **Annual Disaster Statistical Review 2011: the numbers and trends**. Institute of Health an Society. Université catholique de Louvain – Brussels. Belgium, 2012. Disponível em: <http://www.cred.be/sites/default/files/ADSR_2011.pdf>. Acesso em: 12/06/2012.

D'ALMEIDA, R. **História de Rio Negro – Estado do Paraná**. 1.ed. Rio Negro: sem editora, 1976. 147 p.

DNPM - DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. Coordenadoria de Recursos Minerais. **Mapa geológico do Estado de Santa Catarina: escala 1:500.000**, Florianópolis. 1986.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Levantamento de reconhecimento dos solos da região Sudeste do Estado do Paraná (áreas 4, 5 e 6)**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento nº 13. Rio de Janeiro: EMBRAPA SOLOS, 2002. 143p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Solos do Estado de Santa Catarina**. Boletim de Pesquisa nº 46. Rio de Janeiro: EMBRAPA SOLOS, 2004. 721p.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA S.A. - EPAGRI/CENTRO DE INFORMAÇÕES DE RECURSOS AMBIENTAIS E DE HIDROMETEOROLOGIA DE SANTA CATARINA – CIRAM. **Zoneamento Agroecológico**. Disponível em: <http://ciram.epagri.sc.gov.br/ciram_arquivos/arquivos/portal/agricultura/zoneAgroecologico/ZonAgroeco.pdf> Acesso em: 10 nov. 2012.

FERREIRA, J. C. V. **O Paraná e seus municípios**. 1. ed. Maringá: Memória Brasileira, 1996. 728 p.

GIGLIO, J. N.; KOBİYAMA, M. Uso de registros históricos para análise de inundações: estudo de caso do município de Rio Negrinho. In: XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Maceió: ABRH, **Anais...**, CD-rom, 17p, 2011.

GOERL, R. F.; KOBİYAMA, M. Considerações sobre as inundações no Brasil. In: XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2005, João Pessoa, **Anais...** 2005.

GOERL, R. F.; KOBİYAMA, M.; PELLERIN, J. R. G. M. **Proposta metodológica para mapeamento de áreas de risco a inundação: estudo de caso do município de Rio Negrinho – SC**. Boletim de Geografia, Maringá. v. 30, n. 1, p 81-100, 2012.

GRIMM, A. M.; SANT'ANA, C. L. S. Influência de fases extremas da oscilação Sul sobre a intensidade e frequência das chuvas no Sul do Brasil. Congresso Brasileiro de Meteorologia. 2000 In: **Anais...** Disponível em: <<http://www.cbmet.com/cbm-files/12-bcea976aeeb8667f19adf172d3a982e4.pdf>>. Acesso em: 10 de nov. 2012.

GRIMM, A. M.; TEDESCHI, R. G. Influência de eventos El Niño e La Niña Sobre a frequência de eventos extremos de precipitação no Brasil. Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2004. In: **Anais...** Disponível em: <<http://www.cbmet.com/busca.php>>. Acesso em: 10 de nov. 2012.

GRIMM, A. M. Clima da Região Sul do Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J.; DIAS, M. A. F. S. **Tempo e Clima no Brasil**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. cap. 17. p. 259-176.

GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 3º ed. Rio de Janeiro, 2003. 652p.

GUERRA, A. J. T. Processos Erosivos nas Encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. cap. 4. p. 149-209.

GUIMARÃES, G. B.; MELO, M. S.; GIANNINI, P. C. F.; MELEK, P. R. **Geologia dos Campos Gerais**. In: MELO, M. S.; MORO, R. S.; GUIMARÃES, G. B. Patrimônio natural dos Campos Gerais do Paraná. 1. ed. Ponta Grossa: UEPG, 2007. cap. 2. p. 23- 32.

IBGE. **Manual técnico de geomorfologia**. 2ª ed. Rio de Janeiro. IBGE, 2009. 182 p.

JORNAL "O RIO-NEGRENSE". Edição do Centenário de Rio Negro 1829-1929. Sem página. Jornal mensal sob a orientação de José Maximiliano de Faria Netto. Primeiro número: 6/11/1898. Material retirado dos arquivos da Biblioteca Pública Municipal "Professor Venceslau Muniz", Rio Negro/PR. Documento nº 13.557.

LOURENÇO, M. C. C.; FERREIRA, N. J. F., GAN, M. Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis de Origem Subtropical. **Climanálise**. Cachoeira Paulista: MCT/INPE/CPTEC, edição especial, 1996. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliesp10a/vociclo.html>>. Acesso em: 20 de abr. 2012.

MALUTTA, S.; KOBIYAMA, M. Análise do período de retorno das últimas inundações na bacia hidrográfica do Rio Negrinho. In: XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Maceió: ABRH, **Anais**, CD-rom, 14p, 2011.

MARÇAL, M. S. Bacia hidrográfica como novo recorte no processo de gestão ambiental. In: BICALHO, A. M. S. M.; GOMES, P. C. C. **Questões Metodológicas e Novas Temáticas na Pesquisa Geográfica**. 1 ed. Rio de Janeiro: Publit, 2009. cap. 9. p. 185-205.

MARCELINO, E. V. **Desastres Naturais e Geotecnologias: conceitos básicos**. Caderno Didático nº 1. Santa Maria: INPE, 2008. p. 38. Disponível em: <<http://www.inpe.br/crs/geodesastres/cadernodidatico.php>>. Acesso em: 5 de maio 2012.

MENDONÇA, F. ; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 206 p.

MINEROPAR. **Atlas geomorfológico do Estado do Paraná – Escala 1:250.000**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2006.

MONTEIRO, M. A. **Caracterização climática do Estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano.** Geosul, Florianópolis. v. 16, n. 31, p. 69-78, jan/jun. 2001.

OLIVEIRA, G. S.; SATYAMURTY, P. O El Niño de 1997/98: evolução e impactos no Brasil. X Congresso Brasileiro de Meteorologia. 1998. In: **Anais...** Disponível em: <<http://www.cbmet.com/cbm-files/13-722fdee6ac7960c17908e1124bb592e0.pdf>>. Acesso em: 10 de nov. 2012.

OLIVEIRA, G. S. **O El Niño e Você: o fenômeno climático.** São José dos Campos: Transtec, 2001. Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 15 ago. 2012.

PANORAMA DOS RECURSOS HÍDRICOS EM SANTA CATARINA. Secretaria de Estado da Agricultura e Desenvolvimento Rural / Secretaria de Estado de Desenvolvimento Sustentável. **Estudo dos Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos para o Estado de Santa Catarina e Apoio para a sua Implementação.** Programa de Recuperação Ambiental e de Apoio ao Pequeno Produtor Rural – Prapem/Microbacias 2. Santa Catarina: Governo do Estado de Santa Catarina, 2006. 231p.

PMGRH-RN – **PLANO MUNICIAPAL DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS – PREFEITURA MUNICIPAL DE RIO NEGRO.** Rio Negro, 2008.

REBOITA, M. S; GAN, M. A.; ROCHA, R. P.; AMBRIZZI, T. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 2, p. 185-204, jun. 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbmet/v25n2/a04v25n2.pdf>> Acesso em: 15 ago. 2012.

RODYCZ, W. C.; SCHALINSKI, A.; LANDOWSKI, D.; GAIO, E. O.; MACIESKI, I.; KOLLROSS, I.; KUTELAK, I.; KOPYTOWSKI, J.; BIERNASKI, L.; ROSA, M. T.; WACHOWICZ, R.; NEUDORF, S.; SCHR, Z. M. **Colônia Lucena – Itaiópolis: Crônica dos Imigrantes Poloneses.** 1. ed. Florianópolis: BRASPOL, 2002. 559 p.

SANTA CATARINA (Estado). Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. Subchefia de Estatística, Geografia e Informática. **Atlas de Santa Catarina.** Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro. 1986, 173p.

SCHEIBE, L. F. **A geologia de Santa Catarina: sinopse provisória.** Geosul, Florianópolis, v. 1, n. 1, p. 7-38, 1986.

SILVEIRA, A. L. L. Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 1. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH: EDUSP, 1993. cap. 2. p. 35-53.

SOUZA, J. L. L. L.; GOMES, T. S.; DIAS, R. S.; OLIVEIRA, G. M. A.; SANTOS, R. L. Avaliação de métodos de interpolação aplicados à espacialização das chuvas no território Portal do Sertão/Bahia. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2011, Curitiba, **Anais...** 2005.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de águas pluviais urbanas**. 1 ed. :Ministério das Cidades, 2005. 269 p.

UDA, P. K.; CORSEUIL, C. W.; FEILSTRECKER, L. B.; BORTOLOTTI, N. L. Análise da Evapotranspiração Potencial Distribuída por meio de Imagens NDVI e SAVA, na bacia de Rio Negrinho – SC. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, Curitiba: INPE, **Anais**, p. 5348-5356, 2011.

UDA, P. K. **Avaliação da evapotranspiração real da bacia do alto rio Negro, região sul brasileira, por meio do modelo SEBAL**. 2012, 163 p. Dissertação (Engenharia Ambiental). Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012. Disponível em: <<http://www.labhidro.ufsc.br/monografia.html>>. Acesso em: 12 nov. 2012.

ZANCOPE, M. H. C. Riscos e danos ambientais no contexto da geomorfologia. In: LIMA-GUIMARÃES, S. T.; CARPI-JUNIOR, S.; GODOY, M. B. R. B.; TAVARES, A. C. **Gestão de áreas de riscos e desastres ambientais**. 1 ed. Rio Claro: IGCE/UNESP/RIOCLARO, 2012. cap. 13. p. 328-356.