

3.2 FORMAS E PROCESSOS ASSOCIADOS À DINÂMICA FLUVIAL

3.2.1 Planícies de inundação

3.2.1.1 Introdução

A análise da morfologia e dos processos associados à dinâmica fluvial é realizada, neste capítulo, segundo três enfoques de abordagem distintos:

- 1º Avaliação das feições físico-morfológicas das planícies fluviais e marinhas da bacia, com a respectiva caracterização da atividade antrópica nelas desenvolvidas e o grau de alteração gerado. Associada a esta análise, são destacadas áreas das planícies favoráveis à reprodução da fauna aquática e a relação risco de cheias e tipo de planície.
- 2º Análise probabilística da ocorrência de cheias e inundações associados à rede hídrica da bacia;
- 3º Avaliação do grau de degradação antrópica sob o enfoque de produção, transporte e deposição de sedimentos fluviais.

O conjunto dos dados avaliados permite construir um amplo cenário sobre o grau de degradação imposto sobre as áreas de planícies e as respectivas conseqüências sobre a preservação dos mananciais existentes. Além disso, o diagnóstico realizado também permite avaliar as potencialidades atuais dessas áreas como substrato à sobrevivência e reprodução da fauna aquática, considerando as transformações ocorridas.

3.2.1.2 Planícies de inundação fluvial e marinha

Este item tem por objetivo caracterizar as planícies fluvial e marinha cartografadas no mapa de mesmo nome, bem como avaliar o seu grau de conservação e /ou de degradação, em função das intervenções antrópicas. Adicionalmente, são indicadas as áreas favoráveis a reprodução da fauna aquática.

a) Caracterização das planícies fluvial e marinha

O mapa das planícies fluvial e marinha da bacia hidrográfica do rio Tubarão, apresentado na prancha 3.2.1 (em anexo), foi elaborado a partir das informações apresentadas nos trabalhos de Caruso Jr. (1995), Silva et al. (2000) e no mapa geológico apresentado no diagnóstico da Bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar (SDM, 1998).

As áreas cartografadas como planícies fluviais compreendem depósitos gerados predominantemente pela ação fluvial, como é o caso dos depósitos aluvionares e de retrabalhamento fluvial e dos depósitos fluviolagunares, embora a deposição destes últimos ocorra sob a influência do ambiente lagunar. Os depósitos de leques aluviais, apresentados no mapa geológico (SDM, 1998), também fazem parte das planícies fluviais, uma vez que são resultado da ação de fluxos gravitacionais e aluviais de transporte de material das vertentes.

Os depósitos aluviais e de retrabalhamento fluvial compreendem predominantemente areias e lamas, embora cascalheiras sejam eventualmente observadas, depositados durante o período Quaternário. Estes materiais encontram-se preenchendo as calhas dos rios e as suas planícies de inundação.

Em SDM (1998), são apresentados diferentes tipos de depósitos aluvionares de acordo com a natureza da sua área-fonte. Assim, nas porções norte, centro e leste da bacia, os depósitos gerados a partir das rochas graníticas são predominantemente areno-argilosos, com cores variegadas, principalmente em tons amarelo-avermelhados, com plasticidade baixa. Na porção noroeste da bacia, onde ocorrem rochas sedimentares e vulcânicas que integram a Bacia do Paraná, os depósitos aluvionares são pouco expressivos e são geralmente conglomeráticos ou areno-conglomeráticos, passando a argilosos ou areno-siltico argilosos nos cursos médio e inferior dos principais cursos d'água. Já nas porções sudeste e leste da bacia, onde as rochas sedimentares são predominantemente argilosas, os depósitos aluvionares resultantes também apresentam textura argilosa, com cores variegadas e com plasticidade elevada.

Os depósitos fluviolagunares ocorrem nas margens dos lagos costeiros e lagunas voltados para o continente, presentes na bacia. São gerados predominantemente pela ação fluvial e constituídos por areias e lamas lagunares interdigitadas com cascalhos e areias grossas a finas, relacionadas à sedimentação fluvial que vem ocorrendo durante o período Quaternário.

Os depósitos de leques aluviais compreendem os depósitos formados próximo as encostas constituídas por rochas sedimentares, da Bacia do Paraná, e por rochas graníticas, do embasamento cristalino, a partir dos processos gravitacionais e fluviais. São constituídos por cascalhos, areias e lamas depositados durante o Terciário-Quaternário. Podem apresentar-se sob a forma de rampas de colúvio e depósitos de tálus, com espessura, extensão e granulometria variada.

A planície marinha demarcada na bacia do rio Tubarão e Complexo Lagunar inclui depósitos de origem marinha, eólica e lagunar, situados entre a linha de costa e os lagos costeiros e lagunas, relacionados aos sistemas Laguna-Barreira III e IV que se desenvolveram durante o período Quaternário. Nesta planície estão presentes os depósitos praias marinhos e eólicos, relacionados aos sistemas Laguna Barreira III e IV, e os depósitos de praia lagunar e paleolagunares, relacionados ao Sistema Laguna-Barreira IV.

Segundo Caruso Jr. (1999), o sistema laguna-barreira instalou-se sobre os depósitos continentais, retrabalhando-os no decorrer de ciclos de transgressão e regressão marinhos, resultantes das oscilações de nível do mar que ocorreram no período Quaternário. O subsistema barreira possibilitou a formação dos depósitos praias marinhos e dos depósitos eólicos em ambiente costeiro, enquanto o subsistema laguna propiciou a deposição de sedimentos junto aos corpos aquosos isolados entre o mar e o continente pelas barreiras arenosas.

No sistema Laguna-Barreira III, gerado no Plesitoceno superior, os depósitos praias marinhos são constituídos por areias quartzosas, médias até muito finas, de coloração amarelo claro até acastanhado, eventualmente contendo estruturas sedimentares do tipo estratificação cruzada acanalada (3D) e espinha de peixe (*herringbone*), além de tubos fósseis de *Callichirus major*. Estes depósitos são recobertos por depósitos eólicos constituídos por areias quartzosas, finas a muito finas, de coloração amarelo acastanhado até avermelhado, muitas vezes enriquecidas em matriz secundária composta por argilas e óxidos de ferro.

Durante o Holoceno, desenvolveu-se o sistema Laguna-Barreira IV relacionado à última fase transgressiva pós-glacial, cujo auge ocorreu há pelo menos 5.000 anos. Assim como no sistema Laguna-Barreira III, este sistema apresenta depósitos praias marinhos e eólicos.

Os depósitos praias marinhos são constituídos por areias quartzosas, finas a médias, bem selecionadas, com estrutura sedimentar plano-paralela com mergulho suave em direção ao mar. Já os depósitos eólicos são constituídos por areias quartzosas, finas a muito finas, bimodais, e com coloração esbranquiçada. Estes depósitos apresentam-se sob a forma de dunas vegetadas ou livres com direção preferencial de nordeste para sudoeste.

Os depósitos de praia lagunar e os depósitos paleolagunares estão relacionados ao subsistema Laguna, do Sistema Laguna-Barreira IV. Os depósitos de praia lagunar margeiam os corpos lagunares junto as margens voltadas para o oceano e ao longo dos esporões submersos que adentram em direção ao interior dos corpos lagunares. São compostos por areias quartzosas, bem selecionadas e maduras sob o ponto de vista mineralógico e textural.

Os depósitos paleolagunares originaram-se a partir da colmatação natural dos corpos aquosos costeiros. Compreendem turfeiras, pântanos e alagadiços e são constituídos por turfas e depósitos de lamas muito ricos em matéria orgânica.

A planície flúvio-deltaica-lagunar foi individualizada por apresentar depósitos de origem fluvial, deltaica e lagunar que se interdigitam e/ou transicionam. Nesta planície está situado o delta intralagunar do rio Tubarão que, segundo Caruso Jr. (op. cit.), progride atualmente sobre a margem sul da Lagoa de Santo Antônio. De acordo com o mesmo autor, a porção superficial deste pacote de sedimentos está relacionada à sedimentação fluvial, sob a forma de depósitos de planície de inundação, diques marginais, rompimento de diques marginais e frentes deltaicas progradantes.

Os depósitos da planície flúvio-deltaica-lagunar são constituídos por camadas alternadas de areias de granulometria variada e lamas. Material biodetrítico pode estar associado aos níveis arenosos intercalados no pacote lamoso.

b) Áreas afetadas pelas intervenções antrópicas

Método de avaliação

A avaliação do grau de conservação e/ou de degradação das planícies fluvial, marinha e flúvio-deltaica-lagunar da bacia hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar, fundamentou-se na análise específica de campo e nos mapeamentos realizados quanto a usos do solo e tipos de cobertura vegetal existentes nestas áreas.

Para tanto, foi realizado o cruzamento do mapa com as planícies fluvial, marinha e flúvio-deltaica-lagunar com o mapa de Uso do Solo e Cobertura Vegetal da mesma bacia, integrante do Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar.

Aspectos históricos de ocupação do solo

O quadro atual de degradação ambiental da bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar pode ser entendido como resultado da evolução do seu desenvolvimento econômico, que tem início no século XIX, com a chegada dos imigrantes europeus. Começa a verificar-se, naquela época, o início da degradação ambiental da bacia com a intensificação dos usos da terra e a conseqüente substituição das extensas áreas florestais pela paisagem agropecuária.

Os níveis de degradação ambiental aumentam com a implantação da atividade extrativista de carvão e com a integração da bacia ao processo de desenvolvimento nacional através da Companhia Siderúrgica Nacional, que tem como resultado o surgimento de novos municípios localizados na região carbonífera.

A criação de sistema portuário e ferroviário subsidiado, a usina termelétrica Jorge Lacerda e o Complexo Carboquímico de Reaproveitamento e Beneficiamento dos rejeitos do carvão contribuem para a intensificação do processo

de urbanização, decorrente do êxodo rural e da concentração fundiária para a rizicultura e a cultura fumageira, que tem como resultado o quadro atual de degradação ambiental bastante acentuado.

Quadro atual de degradação antrópica

Nas *planícies fluviais* da bacia desenvolvem-se várias cidades, como Lauro Müller, Orleans, Braço do Norte, São Ludgero, Armazém e Gravatal, onde a mancha urbana situa-se em menor ou maior proporção no interior destas áreas planas. Como exemplo ilustrativo, é apresentado o caso do município de Armazém (foto 3.2.1), que possui mais da metade de sua área urbana incluída na planície fluvial do rio Capivari.

A localização destas cidades em áreas de planície fluvial, por si só já implica degradação ambiental, especialmente nos aspectos relativos à disposição de resíduos sólidos, efluentes líquidos, erosão e assoreamento de áreas alagadiças, desmatamento e destruição de ambientes de abrigo, dessedentação e alimento para fauna e saneamento básico.



Fonte: Prefeitura Municipal de Armazém

Foto 3.2.1 – Planície fluvial do rio Capivari x área urbana de Armazém (exemplo ilustrativo)

Numa avaliação comparativa entre as diferentes formas de planície, as de origem fluvial apresentam maior percentual relativo de áreas com cobertura vegetal predominantemente arbóreas/arbustiva nativa inicial, com inclusão de pequenos povoadamentos implantados.

Deve-se ressaltar que embora ocorram em pequenas extensões, são observadas nas planícies fluviais algumas áreas com mata nativa, embora seja marcante a quase inexistência de matas ciliares ao longo dos cursos d'água principais, conforme exemplo ilustrativo da foto 3.2.1.

A degradação ambiental dessas planícies fluviais é também evidenciada pela presença, embora em menor proporção, de áreas com reflorestamento, solo exposto em decorrência da preparação para plantio ou do seu abandono, além da presença de campos e pastagens.

De acordo com SDM (1998), os depósitos aluviais predominantemente argilosos, que ocorrem nas porções sudoeste e leste da bacia, nas proximidades das cidades de Pedras Grandes e Treze de Maio, e junto ao vale do rio Aratingaúba, respectivamente, são largamente explorados para fins cerâmicos.

Na foto 3.2.2 pode ser observada a exploração de areia no leito do rio Capivari. O desenvolvimento destas atividades minerárias, bem como retificações e desmatamento ao longo dos cursos d'água, constituem-se em grandes fatores de degradação nas planícies fluviais, conforme pode ser observado nas fotos 3.2.3 e 3.2.4.

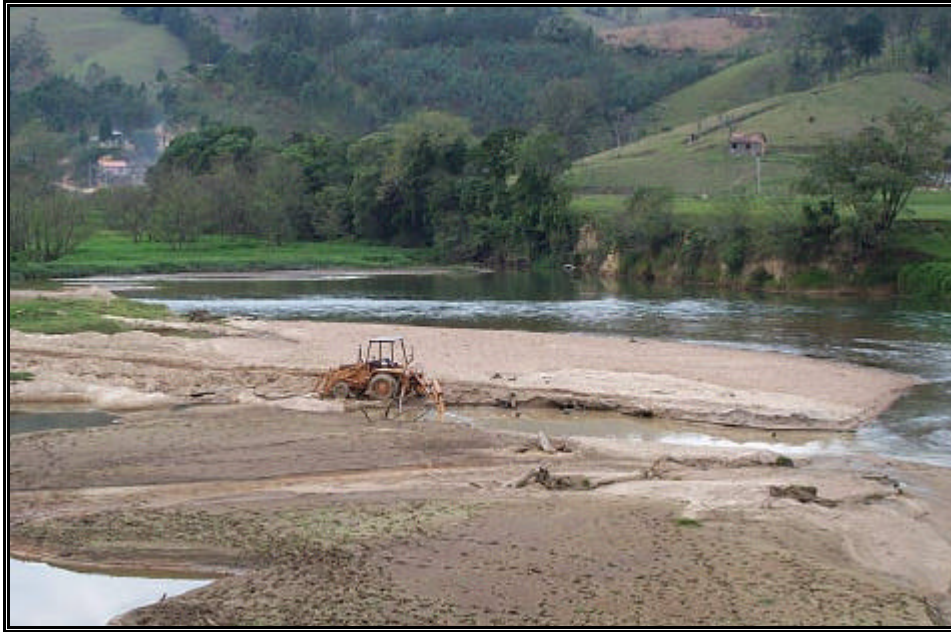


Foto 3.2.2 - Extração de areia no rio Capivari próximo a Armazém

A prancha 3.2.2, em anexo, apresenta o padrão de uso e ocupação do solo especificamente nas áreas de planície. Verifica-se a forte pressão antrópica sobre os cursos d'água, conforme exposto na foto 3.2.3 e detalhado na tabela 3.2.1. De modo geral, a retirada da cobertura vegetal original consiste numa das principais intervenções antrópicas sobre as planícies, em especial as de origem predominantemente fluvial, as quais consistem em vales mais encaixados em uma zona de relevo mais movimentado. Neste sentido, as poucas áreas planas restantes tendem a ser mais rapidamente ocupadas do que as encostas de morros.



Foto 3.2.3 – Instabilização dos taludes ao longo do rio Capivari, devido a retificação do canal de drenagem e retirada da mata ciliar

Tabela 3.2.1 - Situação *específica das planícies de inundação* nas sub-bacias da bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar

Sub-bacia	Situação da bacia
Sub-bacia do rio D'Una e Complexo Lagunar	<p><i>Área de planície de inundação (marinha e fluvial): 38.568,4 ha;</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Área Urbana (Imbituba e Laguna*): 978,3 ha; • Áreas degradadas e solo exposto: 11.991,2 ha • Áreas preferencialmente ocupadas com rizicultura: 3.383,1 ha • Campos/Pastagens implantadas: 3.721,4 ha • Mata nativa: 5.262,6 ha • Outras formações vegetais de regeneração: 13.231,7 ha
Sub-bacia do rio Capivari	<p><i>Área de planície de inundação (fluvial e fluvio-deltaica-lagunar): 5483,1 ha;</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Área Urbana (Armazém e Gravatal*): 66,7 ha; • Áreas degradadas e solo exposto: 352,1 ha • Áreas preferencialmente ocupadas com rizicultura: 1.689,9 ha • Campos/Pastagens implantadas: 373,7 ha • Mata nativa: 1.029,1 ha • Outras formações vegetais de regeneração: 1.971,6 ha
Sub-bacia do rio Braço do Norte	<p><i>Área de planície de inundação (exclusivamente fluvial): 5.522,9 ha</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Área Urbana (Grão Pará, Braço do Norte, São Ludgero*): 633,2 ha; • Áreas degradadas e solo exposto: 806,8 ha • Áreas preferencialmente ocupadas com rizicultura: 0,0 ha • Campos/Pastagens implantadas: 440,1 ha • Mata nativa: 782,4 ha • Outras formações vegetais de regeneração: 2860,5 ha
Sub-bacia dos Formadores do Tubarão	<p><i>Área de planície de inundação (exclusivamente fluvial): 4.218,0 ha</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Área Urbana (Lauro Müller, Orleans e Pedras Grandes*): 134,5 ha; • Áreas degradadas e solo exposto: 775,9 ha • Áreas preferencialmente ocupadas com rizicultura: 0,0 ha • Campos/Pastagens implantadas: 187,8 ha • Mata nativa: 951,5 ha • Outras formações vegetais de regeneração: 2.209,2 ha
Sub-bacia do Baixo Tubarão	<p><i>Área de planície de inundação (marinha e fluvial e fluvio-deltaica-lagunar): 63.973,0 ha;</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Área Urbana dentro das planícies (Tubarão, Capivari, Jaguaruna e Sangão*): 1.895,3 ha; • Áreas degradadas e solo exposto: 8.070,1 ha • Áreas preferencialmente ocupadas com rizicultura: 25.762,3 ha • Campos/Pastagens implantadas: 20.175,3 ha • Mata nativa: 3.724,7 ha • Outras formações vegetais de regeneração: 4.345,4 ha

*Áreas urbanas do município, em parte ou toda.



Foto 3.2.4 - Planície do rio Capivari próximo ao rio Gravatal

Na *planície flúvio-deltaica-lagunar* as intervenções antrópicas são mais expressivas do que na planície fluvial. As extensas áreas de rizicultura (foto 3.2.5), especialmente na região do delta do rio Tubarão, dominam a paisagem e são responsáveis pela alteração profunda dos ecossistemas associados ao ambiente de planícies.

Áreas de banhados, tais como o banhado da Estiva, foram praticamente eliminadas pela drenagem artificial e assoreamento com rejeitos de carvão. No município de Capivari de Baixo, junto a termelétrica Jorge Lacerda, existem aproximadamente 180 hectares ocupados por depósitos de carvão, bacia de cinzas e rejeitos.

Da mesma forma, a retificação do trecho final do rio Tubarão e o avanço das lavouras de arroz em regiões próximas ao rio da Madre, por exemplo, também eliminaram extensas áreas alagadiças, as quais constituíam-se em importantes ecossistemas de transição. Nos trabalhos de campo para identificação de áreas de banhados, não foi identificada nenhuma mancha expressiva que fosse mapeável na escala de trabalho utilizado.

A degradação das áreas de banhado é o fator de maior impacto sobre a disponibilidade hídrica nas áreas de planície, uma vez que estes ecossistemas de transição possuem uma função reguladora de vazões (efeito “esponja”), servindo como reservatórios de água e substrato para fauna e flora.



Foto 3.2.5 - Planície de inundação do rio Tubarão com cultivo de arroz

Ainda ocorrem na planície flúvio-deltaica-lagunar, de forma secundária, áreas com cobertura vegetal predominantemente arbórea/arbustiva nativa inicial, com inclusão de pequenos povoamentos vegetais implantados, bem como áreas com campos e pastagens implantadas.

Estas áreas também representam formas de intervenção antrópica nas formações vegetais primitivas, pois constituem-se basicamente da áreas anteriormente utilizadas para atividades agrícolas e que atualmente encontra-se abandonadas ou com utilização para pequenos reflorestamentos.

Numa comparação com as áreas degradadas pela rizicultura, pode-se afirmar que as áreas de cobertura arbórea/arbustiva inicial encontram-se numa situação mais favorável, mas ainda com fortes sinais de degradação. O principal problema da degradação imposta pela rizicultura e as retificações dos cursos d'água é a influência sobre o regime hídrico, o que impôs alterações profundas e irreversíveis aos ecossistemas da região.

Os ecossistemas associados à *planície marinha* são os mais sensíveis dos três ambientes geomorfológicos em análise neste capítulo, o que é evidenciado pelo frágil equilíbrio de áreas de dunas, lagoas/lagunas e sistema costeiro.

Conforme já apresentado na prancha 3.2.1, sobre a planície marinha situam-se cidades importantes no contexto da bacia, como é o caso de Laguna e Imbituba. Considerando-se a constituição predominantemente arenosa dos depósitos presentes na planície marinha, existe um grande risco de contaminação da água subterrânea pelos efluentes domésticos e das atividades industriais presentes nestas cidades.

A pressão de expansão urbana nestas cidades e seus respectivos balneários, constituem-se numa das principais fontes de degradação do sistema planície marinha. O ocupação de áreas de dunas por loteamentos, a utilização das areias destas dunas como material de empréstimo, a disposição inadequada de lixo em áreas totalmente inadequadas, são importantes fontes de degradação. Estes problemas são bastante marcantes no município de Imbituba, por exemplo, onde inclusive destaca-se um enorme passivo ambiental, composto pelos aterros de rejeitos da empresa Indústria Carbonífera Catarinense (ICC), próximo área do porto. Também neste município é marcante a ocupação urbana de áreas de dunas fixas e móveis, esgotamento sanitário diretamente para o mar e o depósito de resíduos sólidos situa-se sobre dunas fixas.

A planície marinha, assim como a planície flúvio-deltaica-lagunar, é marcada pela existência de extensas áreas com solo exposto em decorrência da preparação para plantio, principalmente de arroz, ou do seu abandono. Este fator, aliado à presença das cidades, implica um elevado grau de degradação ambiental nessas planícies e de seus respectivos recursos hídricos.

Outro problema expressivo de degradação por atividades antrópicas na planície marinha são as várias lavras de conchas calcárias e de areia, bem como os "barreiros" utilizados como fonte de matéria-prima para olarias, especialmente na região próxima aos municípios de Jaguaruna e Sangão.

As áreas de barreiro constituem-se em zonas de forte degradação antrópica no extremo sul da bacia, visto que a maioria dos locais utilizados é simplesmente abandonado, criando-se pequenos corpos d'água sem usos específicos.

Por fim, é apresentado na tabela 3.2.1, uma avaliação qualitativa da situação das planícies de inundação, para cada uma das cinco sub-bacias da região hidrográfica.

c) Áreas Relacionadas com Reprodução da Fauna Aquática

A fauna aquática trata-se de um grupo composto por diferentes taxa, e consequentemente, com diferentes necessidades especiais para a realização de seu ciclo reprodutivo. Sendo assim, identificou-se e classificou-se os recursos hídricos superficiais quanto as suas relações com a reprodução da fauna aquática.

É sabido, que um dos grandes problemas enfrentados hoje pelas comunidades da região sul-catarinense, principalmente àquela associada ao Complexo Lagunar, é a escassez da pesca. Em amostragens realizadas com o objetivo da caracterização da biota aquática, percebeu-se uma excessiva abundância de indivíduos adultos comparada a de indivíduos jovens, representando que o ciclo reprodutivo anterior não foi positivo (Capítulo 3.4.1). Isto leva a concluirmos o que já era esperado em virtude das condições de degradação dos habitats utilizados como locais de desova e “berçários”: o ciclo reprodutivo não está se completando, o que explica a redução do pescado a cada ano nas águas continentais da bacia hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar.

Classificação da Fauna Aquática

- Peixes Marinhos – são assim consideradas as espécies de peixes que passam a maior parte do seu ciclo vital no mar. Dentre os peixes economicamente importantes para a região, os marinhos representam a grande maioria. As espécies assim classificadas, ocorrentes na região sul-catarinense, apresentam diferentes ciclos de vida, principalmente quanto ao local utilizado para reprodução. Deixando claro que aqui somente estão sendo consideradas as espécies marinhas que possuem seu ciclo reprodutivo associado aos corpos de águas continentais, existem espécies que desovam nas lagoas, outras nas desembocaduras dos rios, ou nos trechos médios destes, mas algumas das espécies mais importantes economicamente, como a tainha, migram por longos trechos até as cabeceiras dos rios para desovar.

- Peixes Dulcícolas – são assim consideradas as espécies de peixes que passam todo o seu ciclo vital em águas doces ou salobras. Poucas espécies desta classe possuem alguma importância econômica, sendo os trechos médios e desembocaduras dos rios, as áreas mais importantes para sua reprodução. No mais, a maior parte das espécies de água doce desovam ou nas cabeceiras, ou na transição entre estas regiões de montante e o trecho médio dos rios.

- Crustáceos – inclui-se nesta categoria apenas os crustáceos de importância econômica ocorrentes em águas continentais (camarões). Os camarões de maior importância econômica são as espécies marinhas, as quais necessitam das lagoas para completar seu ciclo vital, sendo estas imprescindíveis para a reprodução e engorde destas espécies. Já as espécies dulcícolas, que poderiam ser economicamente

exploradas, reproduzem-se nas cabeceiras de rios, completando seu ciclo nas regiões mais a jusante.

- Macroinvertebrados – inclui espécies de diversos grupos taxonômicos dos invertebrados macroscópicos, bem como pequenos crustáceos sem importância econômica (lagostins), larvas de insetos, aracnídeos e moluscos. Apesar de haver uma substituição de taxa e/ou de espécies predominantes ao longo do eixo longitudinal dos rios, a maior parte utiliza as cabeceiras dos rios para se reproduzir, ou até mesmo, completar seu ciclo vital.

A qualidade dos habitats utilizados para desova e berçário (áreas de engorde) é essencial para que as larvas consigam atingir um desenvolvimento mínimo que as torne capazes de suportar as intempéries e o árduo processo de resistência a predação das quais serão vítimas. Esta qualidade não está relacionada somente a condições químicas básicas, mas também, a uma realidade física apropriada para cada conjunto de espécies. Por exemplo, camarões marinhos necessitam das lagoas para completar seu ciclo reprodutivo, e requerem um mínimo de salinidade, temperaturas amenas e baixa turbidez das águas, possibilitando a realização de processos fotossintéticos pelos microorganismos que representarão seu alimento. Por outro lado, grande parte das espécies de peixes dulcícolas (água doce) requer habitats de cabeceiras de rios, onde a declividade propicia condições de alta velocidade das águas com, conseqüentemente, alta reposição de oxigênio, temperaturas baixas e substrato de cascalhos, entre os quais os ovos serão depositados. Esta função não se desenvolverá perfeitamente ao sinal de erosão, pois o sedimento fino acumulado nos espaços entre os cascalhos, impede a proteção destes ovos e provoca seu deslocamento pela correnteza, podendo, desta forma, impossibilitar o desenvolvimento destes aos outros estágios de vida.

Estes exemplos visam ilustrar a dificuldade em se escolher áreas de importância para reprodução, pois, além das diferentes necessidades da fauna aquática, sabe-se que não existem áreas totalmente naturais, sem modificações das suas condições ideais para esta tarefa.

Deste modo, semelhante ao desenvolvido para a fauna, estas áreas também ganham categorias diferenciadas, principalmente considerando-se a temporalidade da sua importância para a reprodução. Questiona-se a temporalidade no sentido de que se possa realizar intervenções positivas na direção da recuperação das áreas degradadas, de modo a restabelecer as condições necessárias à reprodução da fauna aquática.

Áreas de Importância para a Reprodução

- *Áreas possivelmente utilizadas* para a reprodução – áreas da região hidrográfica classificadas como possíveis locais de reprodução da fauna aquática na atual condição de qualidade das águas;

- *Áreas potencialmente utilizáveis* a reprodução – áreas consideradas física e espacialmente importantes para a reprodução mas que necessitam de intervenção humana no sentido da recuperação da qualidade das águas mais a jusante ou das próprias.

Para o reconhecimento das áreas, considerou-se suas características espaciais (trechos da cabeceiras, médios ou desembocaduras de rios e lagoas), de declive, de posicionamento quanto às planícies de inundação e de qualidade química (IOA – Índice de Qualidade Ambiental; SDM, 1998) e física. Cruzando-se estes dados com as necessidades básicas das categorias da fauna, definiu-se os pontos de localização destas categorias de áreas na bacia hidrográfica (Prancha 3.2.4, em anexo). Estes pontos foram considerados apenas representativos das categorias, visto que o ideal seria que todos os cursos d'água apresentassem condições apropriadas de qualidade ambiental para possibilitar a reprodução e ocorrência da fauna.

Em se tratando da necessidade da escolha de algumas áreas de importância, classificou-se principalmente aquelas pertencentes as sub-bacias dos rios Tubarão, Braço do Norte, Capivari e D'Una e do Complexo Lagunar, visto sua importância hidrológica e espacial na região de estudo. Percebe-se, que mesmo assim, vários trechos destes ou de outros rios e arroios não foram classificados. Este fato deve-se, principalmente, as suas condições de qualidade ambiental (SDM, 1998), declive e proximidade com as nascentes (nos trechos de cabeceiras dos rios), em se tratando estas últimas, de locais não apropriados à vida aquática, devido às suas condições químico-físicas e biológicas naturais.

d) Áreas com Risco de Inundação

Os riscos de inundação para as diferentes planícies foram analisados a partir dos dados hidrológicos disponíveis para a área. No entanto, uma análise global mais abrangente é realizada no item 3.2.2, que trata especificamente sobre a questão de enchentes.

O mapeamento dos riscos de cheias foi realizado com base nas informações de ocorrências de Hermann (1985), sendo o resultado apresentado em anexo, na prancha 3.2.3.

O mapeamento realizado indica duas áreas com diferentes riscos de inundação, ou seja, na área em amarelo, mais crítica, existe um risco de ocorrer até dois eventos de inundação em cada 5 anos. Já o risco das áreas azuis diminui para um evento a cada 5 anos.

As áreas com risco de dois eventos de inundação a cada anos correspondem, em sua maior parte, à planície flúvio-deltaica-lagunar, região onde situam-se os municípios de Tubarão e Capivari de Baixo. A foto 3.2.6 apresenta a planície fluvial do rio Tubarão e o respectivo conflito de ocupação, definido pelo risco de ocorrência de cheias. Esta área também corresponde a uma zona de intensa rede

de drenagem, nas proximidades da foz do rio Tubarão, onde, além dos canais artificiais, desenvolvem-se os rios da Madre, Sambaqui, Tubarão das Conchas e da Carniça, os quais estão intrinsecamente associados ao sistema lagunar.

Contudo, destaca-se a situação igualmente crítica da planície fluvial do rio Tubarão no trecho a partir do município de Orleans em direção de jusante, onde há o risco de dois eventos a cada cinco anos, da mesma forma que a maior parte da planície flúvio-deltaico-lagunar.



Foto 3.2.6 - Rio Tubarão na área urbana de Tubarão (ocupação da planície de inundação)

Na planície fluvial do rio Braço do Norte (foto 3.2.7), no trecho a partir de Grão Pará, até a foz dos riachos Mar Grosso e Alto Boa Vista, a jusante de São Ludgero, o risco de inundação é de um evento de inundação a cada 5 anos. O mesmo comportamento foi verificado para o trecho da planície fluvial do rio Capivari, na porção a jusante de São Martinho até a foz do rio Gravatal, sendo que parte deste rio, até a foz do rio Travesseiro, também inclui-se no risco de um evento a cada cinco anos.



Foto 3.2.7 - Rio Braço do Norte e respectiva planície de inundação no município de Braço do Norte

A planície fluvial do rio Tubarão ainda apresenta um pequeno trecho com risco de um evento de inundação a cada cinco anos nas proximidades de Lauro Müller. Este trecho inicia-se ainda dentro da zona urbana do município, estendendo-se até a foz do rio Oratório.

O mapeamento de áreas de risco de inundação nas diferentes planície (prancha 3.2.3) apresentou uma séries de áreas nas quais, apesar de ocorrerem inundações, não foi possível definir o nível de risco associado, pois não estão disponíveis dados históricos de ocorrências de cheias. Nesta situação inserem-se regiões próximas a Sangão e Jaguaruna, ao sul, Laguna e Imbituba um pouco mais ao norte, onde as planícies de inundação têm um padrão semelhante ao que é ilustrado na foto 3.2.8.



Foto 3.2.8 – Característica da planície de inundação junto a foz do rio D'Una

Bibliografia consultada

CARUSO JR. , F. **Mapa geológico e de recursos minerais do sudeste de Santa Catarina**. Brasília: DNPM. 1995. 52 p. 1 mapa.

HERMANN, M.L.P. Levantamento dos desastres naturais causados pelas adversidades climáticas no estado de Santa Catarina. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1995.

SDM. **Diagnóstico dos Recursos hídricos e organização dos agentes da Bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar**. Universidade do Sul de Santa Catarina /Grupo de Pesquisas em Recursos Hídricos, 1998.

SILVA, M. A. S. da ; LEITES, S. R. & CARUSO Jr. , F. **Carta Geológica, folha Criciúma : Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil**. Rio de Janeiro : CPRM , 2000. Mapa color., 70 x 85 cm. SH.22-X-B. Escala 1:250.000.

3.2.2 Enchentes

3.2.2.1 Introdução

As inundações podem ocorrer *devido a alteração do uso do solo*, como a impermeabilização ou *como fenômenos naturais nos cursos d'água*, resultado da variabilidade da vazão ao longo do tempo. Durante os eventos extremos o rio ocupa o seu leito maior. O primeiro tipo de inundação ocorre nas pequenas bacias urbanizadas no interior das cidades e o segundo ocorre quando a cidade ocupa o leito maior dos rios. Nos dois cenários, os prejuízos no qual a população está sujeita pode chegar a vários milhões de reais.

Logo, a ocorrência de inundações se deve a fenômenos naturais (chuvas intensas) e antrópicos (urbanização e uso do solo). Para melhor compreender quanto uma região é susceptível à ocorrência de inundações e quais prejuízos podem causar, é necessário que se faça um estudo das precipitações intensas na região, da ocupação do solo, das vazões máximas que as precipitação provocam e das cotas que atingem as vazões máximas nas cidades na região em estudo. Com base nesse estudo, é possível traçar o mapa de inundação das cidades.

Este item visa apresentar um diagnóstico das inundações na Bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar, propor ações alternativas de curto, médio e longo prazos que minimizem o problema, bem como, apresentar um programa de controle e previsão de cheias.

Para melhor compreensão do problema de cheias, será apresentado, a seguir, conceitos básicos sobre o tema.

a) Conceitos

Inundações nas áreas ribeirinhas

Quando a precipitação é intensa a quantidade de água que chega simultaneamente ao rio pode ser superior à sua capacidade de drenagem, ou seja a da sua calha normal, resultando na inundação das áreas ribeirinhas. Os problemas resultantes da inundação dependem do grau de ocupação da várzea pela população e da frequência com a qual ocorrem as inundações. A ocupação da várzea pode ser para habitação, recreação, uso agrícola, comercial ou industrial.

O desenvolvimento histórico da utilização de áreas livres explica os condicionamentos urbanos hoje existentes. Devido à grande dificuldade de meios de

transporte no passado, utilizava-se o rio como a via principal. As cidades se desenvolveram às margens dos rios ou no litoral. Pela própria experiência dos antigos moradores, a população procurou habitar as zonas mais altas onde o rio dificilmente chegaria. Com o crescimento desordenado e acelerado das cidades, principalmente na segunda metade deste século, as áreas de risco considerável, como as várzeas inundáveis, foram ocupadas, trazendo como consequência prejuízos humanos e materiais de grande monta.

A população de maior poder aquisitivo tende a habitar os locais seguros ao contrário da população carente que ocupa as áreas de alto risco de inundação, provocando problemas sociais que se repetem por ocasião de cada cheia na região. Quando a frequência das inundações, baixa, a população ganha confiança e despreza o risco, aumentando significativamente o investimento e a densificação nas áreas inundáveis. Geralmente a enchente assume características catastróficas. As áreas hoje desocupadas devido a inundações sofrem considerável pressão para serem ocupadas. A ocupação das áreas urbanas impróprias pode ser evitada através do planejamento do uso dos solos das várzeas, o qual deve ser regulado no Plano Diretor Urbano das cidades

As condições meteorológica e hidrológica propiciam a ocorrência de inundação. O conhecimento do comportamento meteorológico de longo prazo é muito pequeno devido ao grande número de fatores envolvidos nos fenômenos meteorológicos e à interdependência dos processos físicos a que a atmosfera terrestre está sujeita. As condições hidrológicas que produzem a inundação podem ser naturais ou artificiais. As condições naturais são aquelas cuja ocorrência é propiciada pela bacia em seu estado natural. Algumas dessas condições são: relevo, tipo de precipitação, cobertura vegetal, capacidade de drenagem.

Os rios normalmente drenam nas suas cabeceiras, áreas com grande declividade produzindo escoamento de alta velocidade. A variação de nível durante a enchente pode ser de vários metros em poucas horas. Quando o relevo apresenta-se acidentado as áreas mais propícias a ocupação são as planas e mais baixas, justamente aquelas que apresentam alto risco de inundação. A várzea de inundação de um rio cresce significativamente nos seus cursos médio e baixo, onde a declividade se reduz e aumenta a incidência de áreas planas.

Inundações devido a urbanização

As precipitações mais intensas atingem áreas localizadas e são em geral dos tipos convectivo e orográfico. Essas formas de precipitação atuam, em geral, sobre pequenas áreas. As precipitações frontais atuam sobre grandes áreas provocando as maiores inundações dos grandes rios.

A cobertura vegetal tem como efeito a interceptação de parte da precipitação que pode gerar escoamento e a proteção do solo contra a erosão. A perda desta cobertura para uso agrícola tem produzido, como consequência, o aumento da frequência de inundações devido à falta de interceptação da precipitação e ao assoreamento dos rios.

As condições artificiais da bacia são aquelas provocadas pela ação do homem. Alguns exemplos são: obras hidráulicas, urbanização, desmatamento, reflorestamento e uso agrícola. A bacia rural possui maior interceptação vegetal, maiores áreas permeáveis (infiltração do solo), menor escoamento na superfície do solo e drenagem mais lenta. A bacia urbana possui superfícies impermeáveis, tais como telhados, ruas e pisos, e produz aceleração no escoamento, através da canalização e da drenagem superficial. Os resultados da urbanização sobre o escoamento são: aumento da vazão máxima e do escoamento superficial, redução do tempo de pico e diminuição do tempo de base. A urbanização e o desmatamento produzem um aumento da frequência da inundação nas cheias pequenas em dias. Nas grandes cheias o seu efeito é menor, pois a capacidade de saturação do solo e o armazenamento são atingidos e o efeito final pouco difere .

b) Tipos de enchentes

Segundo Tucci (1999), as enchentes em áreas urbanas são causadas por dois processos, que ocorrem isoladamente ou de forma integrada:

- **Enchentes devidas à urbanização:** o aumento da frequência e magnitude das enchentes ocorre devido à ocupação do solo com superfícies impermeáveis e rede de condutos de escoamentos. Adicionalmente, o desenvolvimento urbano pode produzir obstruções ao escoamento, como aterros e pontes, drenagens inadequadas e obstruções ao escoamento, como aterros e pontes, drenagens inadequadas e obstruções ao escoamento junto a condutos e assoreamento;
- **Enchentes naturais em área ribeirinhas:** atingem a população que ocupa o leito maior dos rios. Essas enchentes ocorrem, principalmente, pelo processo natural no qual o rio ocupa o seu leito maior, de acordo com os eventos extremos, em média, com tempo de retorno da ordem de 2 anos.

No caso da bacia do rio Tubarão e Complexo Lagunar as inundações são preponderantemente do segundo tipo onde a população ocupa a área de risco que geralmente são planas. Devido as características do relevo acidentado local existe a

tendência das cidades se localizarem nestas áreas planas onde existe maior risco de inundação.

A avaliação morfológica dos canais principais existentes na bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar foi apresentada no item anterior (3.2.1).

3.2.2.2 Caracterização do regime pluviométrico e análise das precipitações intensas

a) Precipitação máxima pontual

O estudo das características da precipitação é de grande interesse em engenharia, por sua freqüente utilização no dimensionamento dos projetos de obras hidráulicas, e no planejamento e aproveitamento dos recursos hídricos.

As grandezas características da precipitação, como a intensidade, a duração e a freqüência, variam de local para local, de acordo com a latitude, altitude, tipo de cobertura, topografia e época do ano. Em razão disso, os dados pluviométricos de longas séries de observações devem ser analisados estatisticamente e não podem ser extrapolados de uma região para outra.

A seguir serão apresentadas as precipitações máximas com duração de 1 dia e 24 h e tempo de retorno de 2, 5, 10, 20, 25, 50 e 100 anos para os postos da região da bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar, no estado de Santa Catarina. Também, serão apresentadas as curvas de intensidade - duração – freqüência para os referidos postos.

Disponibilidade de dados

As séries históricas dos postos fluviométricos e pluviométricos utilizados nesse estudo foram obtidas da Agência Nacional de Recursos Hídricos (ANEEL, 2000a) que também forneceu os mapas georeferenciados dos postos e da região (ANEEL, 2000b).

O quadro 3.2.1 apresenta os postos pluviométricos utilizados na análise das precipitações máximas. As coordenadas dos postos são fornecidos em graus e décimos de grau (ver colunas Latitude e Longitude). Todos os postos são operados pela ANEEL. As colunas Início e Fim fornecem, respectivamente, os anos de início e fim da série de histórica de dados utilizados no estudo das precipitações máximas (Back, 1995).

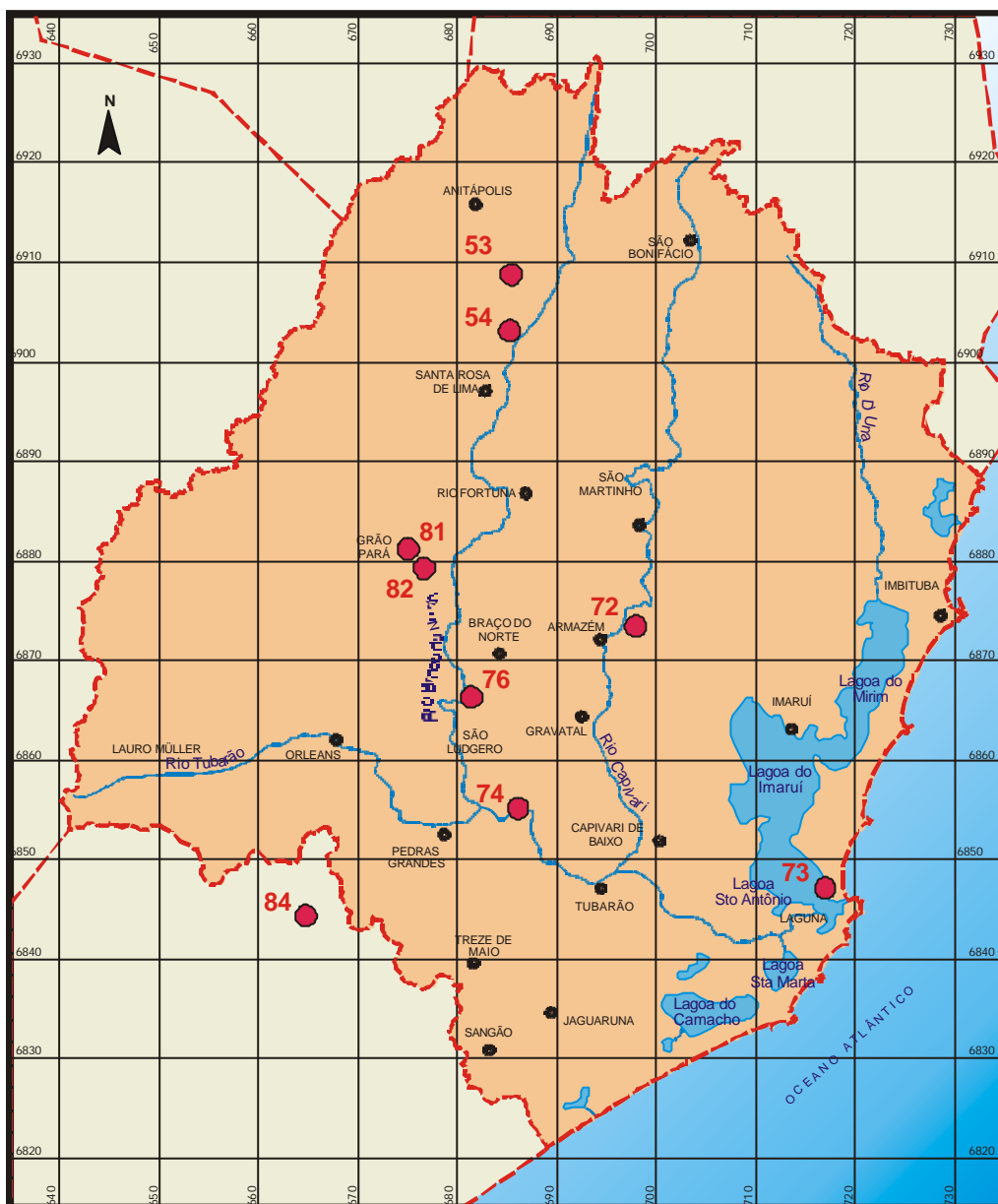
A localização dos postos é apresentada na figura 3.2.1.

Quadro 3.2.1 – Postos pluviométricos na região em estudo

Posto	Código	Nome do posto	Município	Lat.	Long.	Alt. (m)	Início	Fim
-------	--------	---------------	-----------	------	-------	-------------	--------	-----

53	2749010	Povoamento	Anitápolis	27,93	49,12	400	43	71
54	2749012	Divisa Anitápolis	Anitápolis	27,98	49,12	340	46	84
72	2848000	Armazém-Capivari	Armazém	28,25	48,98	21	46	84
73	2848001	Laguna	Laguna	28,48	48,78	31	49	64
74	2849000	Rio do Pouso	Tubarão	28,42	49,10	20	40	85
75	2849001	Orleans	Orleans	28,35	49,28	90	66	84
76	2849002	São Ludgero	São Ludgero	28,25	49,12	40	40	85
81	2849007	Grão Pará	Grão Pará	28,18	49,22	90	46	66
82	2849008	Rio Pequeno	Braço do Norte	28,20	49,20	40	46	84
84	2849011	Urussanga	Urussanga	28,52	49,32	48	49	73

Fonte: Back, 1995



escala 1:750.000

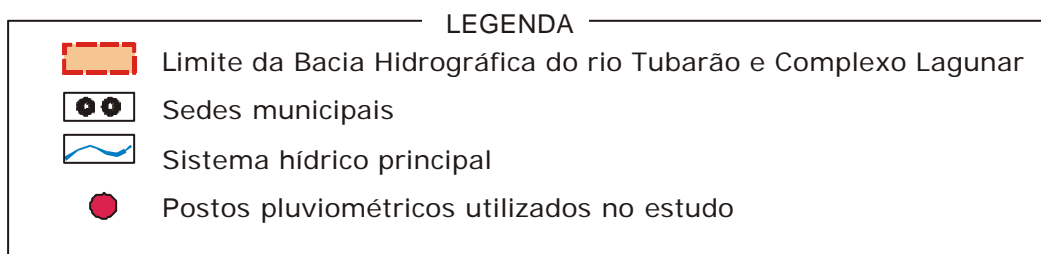


Figura 3.2.1 – Postos pluviométricos utilizados no estudo

Probabilidade de Precipitações Máximas

A probabilidade de precipitação máxima foi obtida selecionando, para cada posto, a maior precipitação diária de cada ano. Os valores foram obtidos ajustados a uma distribuição de Gumbel.

Pela distribuição Gumbel, a probabilidade (p) de ocorrer, no futuro, um evento igual ou maior a ($P[Tr]$) é dada por:

$$p = 1 - e^{-e^{-Y}} \quad (3.2.1)$$

onde: Y é variável reduzida de Gumbel

A precipitação máxima ($P[Tr]$) com tempo de retorno Tr pode ser estimada por:

$$P[Tr] = \bar{P} + \frac{s_p}{s_Y} (Y - \bar{Y}) \quad (3.2.2)$$

onde:

\bar{P} é a precipitação média do posto;

s_p é o desvio padrão das precipitações do posto;

\bar{Y} é a média da variável reduzida no posto;

s_Y é o desvio padrão da variável reduzida no posto.

A variável reduzida Y é dada por:

$$Y = -\ln(-\ln(1 - \frac{1}{Tr})) \quad (3.2.3)$$

Os valores de \bar{P} , s_p , \bar{Y} , s_Y , para cada posto, são apresentados no quadro 3.2.2. Também é apresentado no quadro o coeficiente de variação ($Cv = s_p / \bar{P}$).

Com base nos valores apresentados no quadro 3.2.2 e através das equações 3.2.2 e 3.2.3 foram obtidas as curvas de probabilidade de precipitação máxima diária, apresentadas no gráfico 3.2.1 e no quadro 3.2.3.

O gráfico 3.2.2 apresenta as curvas de probabilidade de precipitações máximas diárias adimensionalizadas pela precipitação média do posto. Pelo gráfico, observamos que os postos 75 e 53 apresentam curvas superiores aos demais postos, devido a maior variação das precipitações máximas em relação a precipitação média (C_v), como mostra o quadro 3.2.2. Estes postos estão próximos dos divisores geográficos e podem concentrar direções preferenciais das ocorrências das formações de precipitações.

Os valores de precipitação máxima diária podem ser transformados em precipitação máxima com duração de 24 h através do método das relações entre durações (Tucci, 1993). As precipitações máximas com duração de 24 h são um pouco maiores que as de um dia, mantendo uma relação constante independente do tempo de retorno. Essa relação foi adotado em 1,14 (Back, 1995). O gráfico 3.2.3 apresenta as curvas de probabilidade das precipitações máximas de 24 h de duração. Os valores são apresentados no quadro 3.2.4.

Quadro 3.2.2 – Estatísticas das séries de precipitação dos postos

Posto	Nome do Posto	Código	\bar{Y}	S_Y	\bar{P}	S_p	C_v
53	Povoamento	2749010	0,5353	1,1086	65,1	26,9	0,41
54	Divisa Anitápolis	2749012	0,543	1,139	81,7	29,2	0,36
72	Armazém-Capivari	2848000	0,543	1,139	76,6	23,8	0,31
73	Laguna	2848001	0,5154	1,0306	76,1	23	0,30
74	Rio do Pouso	2849000	0,5468	1,1537	75,5	27,1	0,36
75	Orleans	2849001	0,5217	1,0557	92,7	39,7	0,43
76	São Ludgero	2849000	0,5463	1,1518	77,5	28,2	0,36
81	Grão Pará	2849007	0,5252	1,0694	71,8	20,2	0,28
82	Rio Pequeno	2849008	0,543	1,39	80,5	27,3	0,34
84	Urussanga	2849011	0,5309	1,0914	82	28,1	0,34

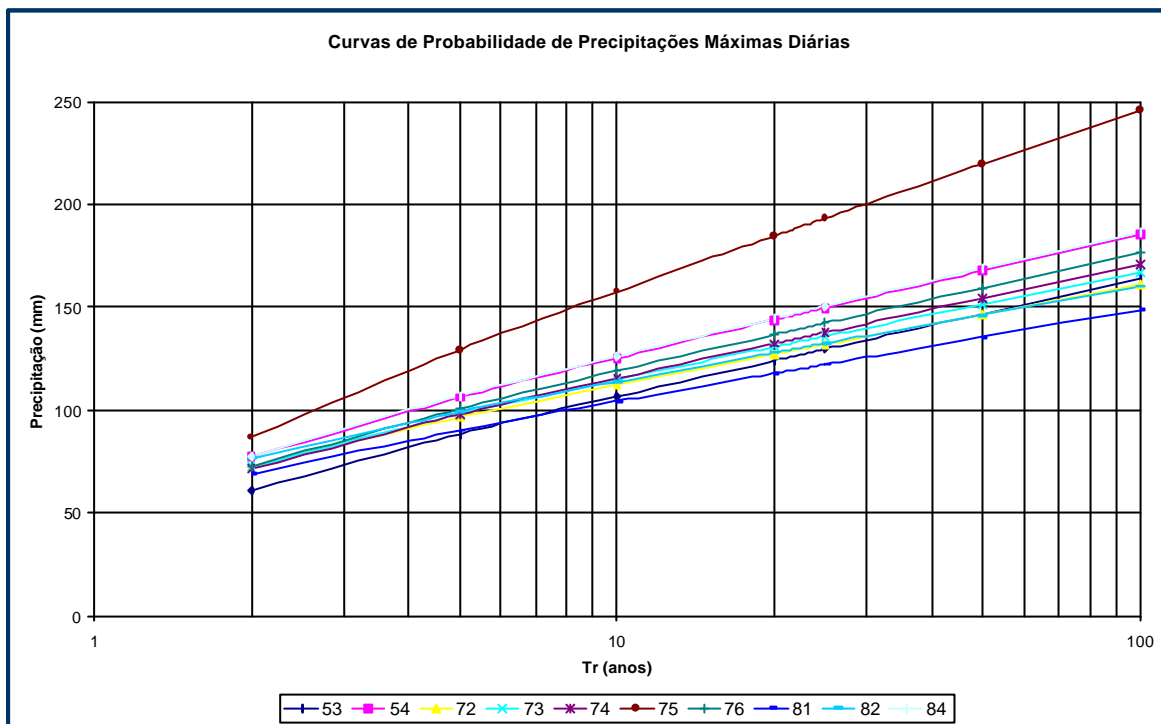


Gráfico 3.2.1 – Curvas de probabilidade de precipitações máximas diárias

Quadro 3.2.3 – Valores das precipitações máximas diárias (em mm) em função do tempo de retorno

Posto	Nome do Posto	Código	Tempo de Retorno (anos)						
			2	5	10	20	25	50	100
53	Povoamento	2749010	61,00	88,51	106,72	124,18	129,72	146,79	163,73
54	Divisa Anitápolis	2749012	77,18	106,23	125,47	143,92	149,78	167,81	185,71
72	Armazém-Capivari	2848000	72,91	96,60	112,28	127,32	132,09	146,79	161,38
73	Laguna	2848001	72,78	98,07	114,82	130,88	135,98	151,68	167,26
74	Rio do Pouso	2849000	71,27	97,89	115,52	132,42	137,79	154,31	170,71
75	Orleans	2849001	86,86	129,49	157,71	184,78	193,36	219,82	246,07
76	São Ludgero	2849000	73,10	100,85	119,22	136,85	142,44	159,66	176,75
81	Grão Pará	2849007	68,80	90,21	104,39	117,98	122,30	135,58	148,77
82	Rio Pequeno	2849008	77,03	99,29	114,03	128,17	132,66	146,47	160,18
84	Urussanga	2849011	77,77	106,95	126,27	144,80	150,68	168,79	186,77

Quadro 3.2.4 – Valores das precipitações máximas com duração de 24h (em mm) em função do tempo de retorno

Posto	Nome do Posto	Código	Tempo de Retorno (anos)						
			2	5	10	20	25	50	100
53	Povoamento	2749010	69,55	100,90	121,66	141,57	147,88	167,34	186,66
54	Divisa Anitápolis	2749012	87,98	121,11	143,04	164,07	170,75	191,31	211,71
72	Armazém-Capivari	2848000	83,12	110,12	128,00	145,14	150,58	167,34	183,97
73	Laguna	2848001	82,97	111,80	130,89	149,21	155,02	172,91	190,68
74	Rio do Pouso	2849000	81,24	111,59	131,69	150,96	157,08	175,91	194,61
75	Orleans	2849001	99,03	147,62	179,79	210,65	220,43	250,59	280,52
76	São Ludgero	2849000	83,33	114,97	135,91	156,00	162,38	182,01	201,50
81	Grão Pará	2849007	78,43	102,84	119,00	134,50	139,42	154,57	169,60
82	Rio Pequeno	2849008	87,82	113,20	130,00	146,11	151,23	166,98	182,61
84	Urussanga	2849011	88,66	121,92	143,95	165,08	171,78	192,42	212,92

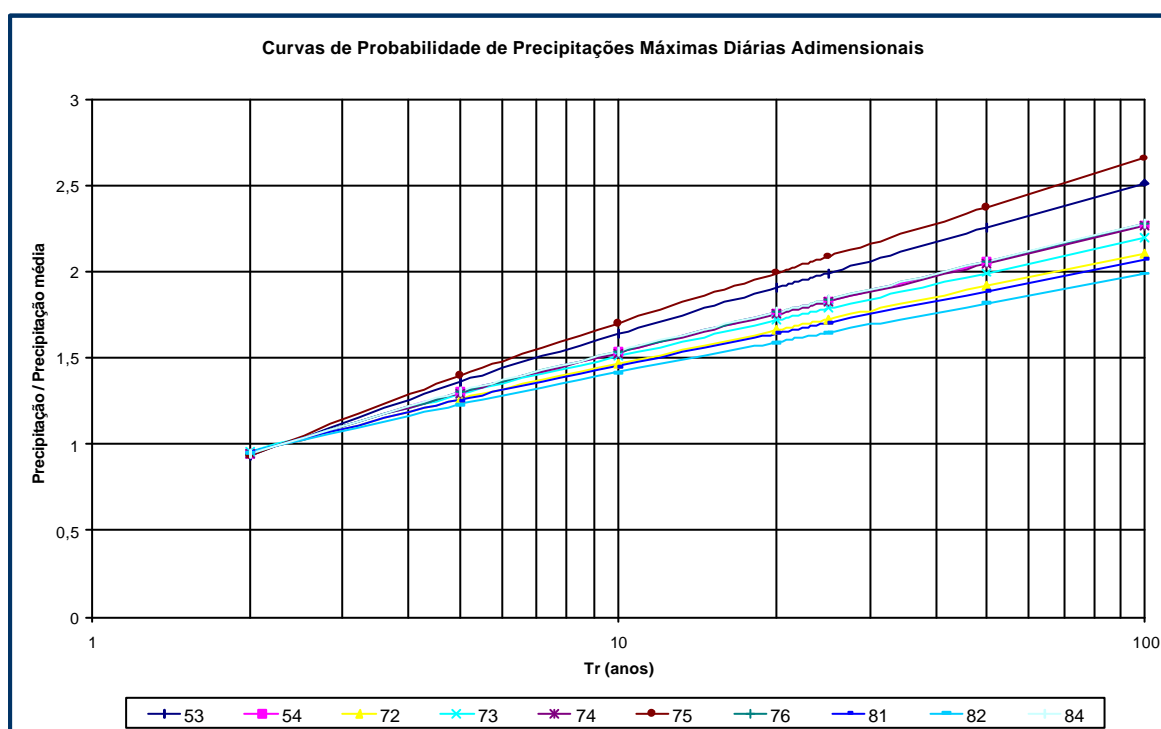


Gráfico 3.2.2 - Curvas de probabilidade de precipitações máximas diárias adimensionalizadas pela precipitação média do posto

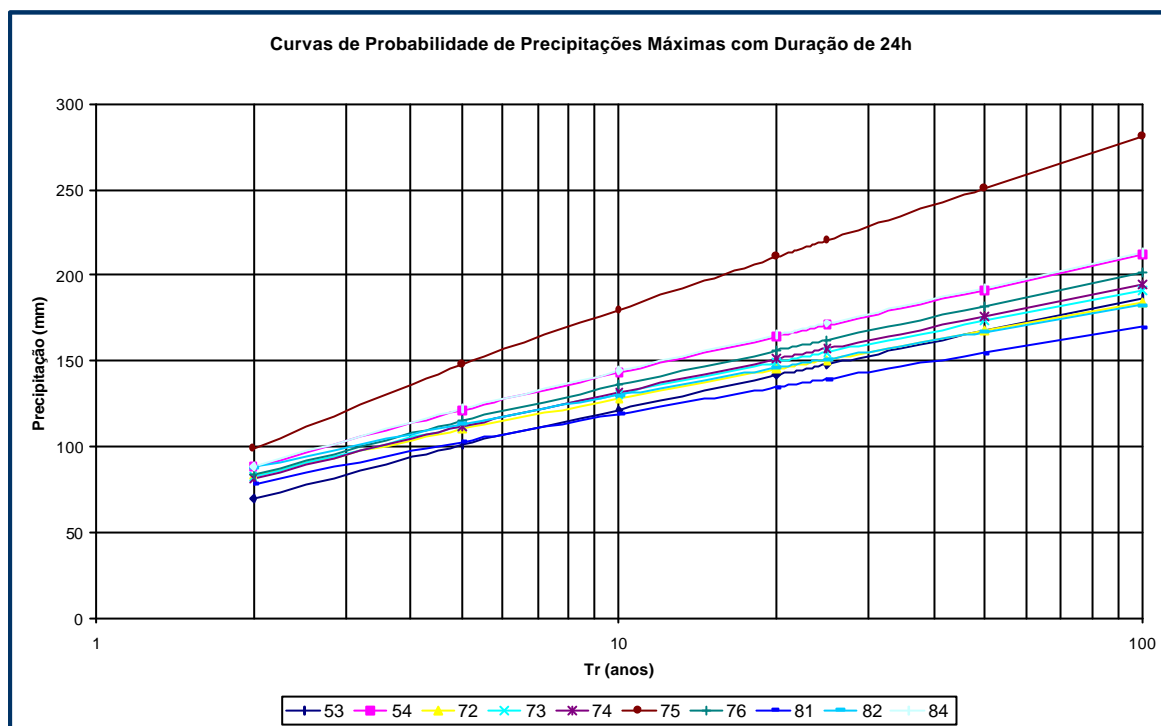


Gráfico 3.2.3 - Curvas de probabilidade de precipitações máximas com duração de 24h

b) Isoietas para 100, 50 e 10 anos de tempo de retorno da precipitação máxima diária pontual

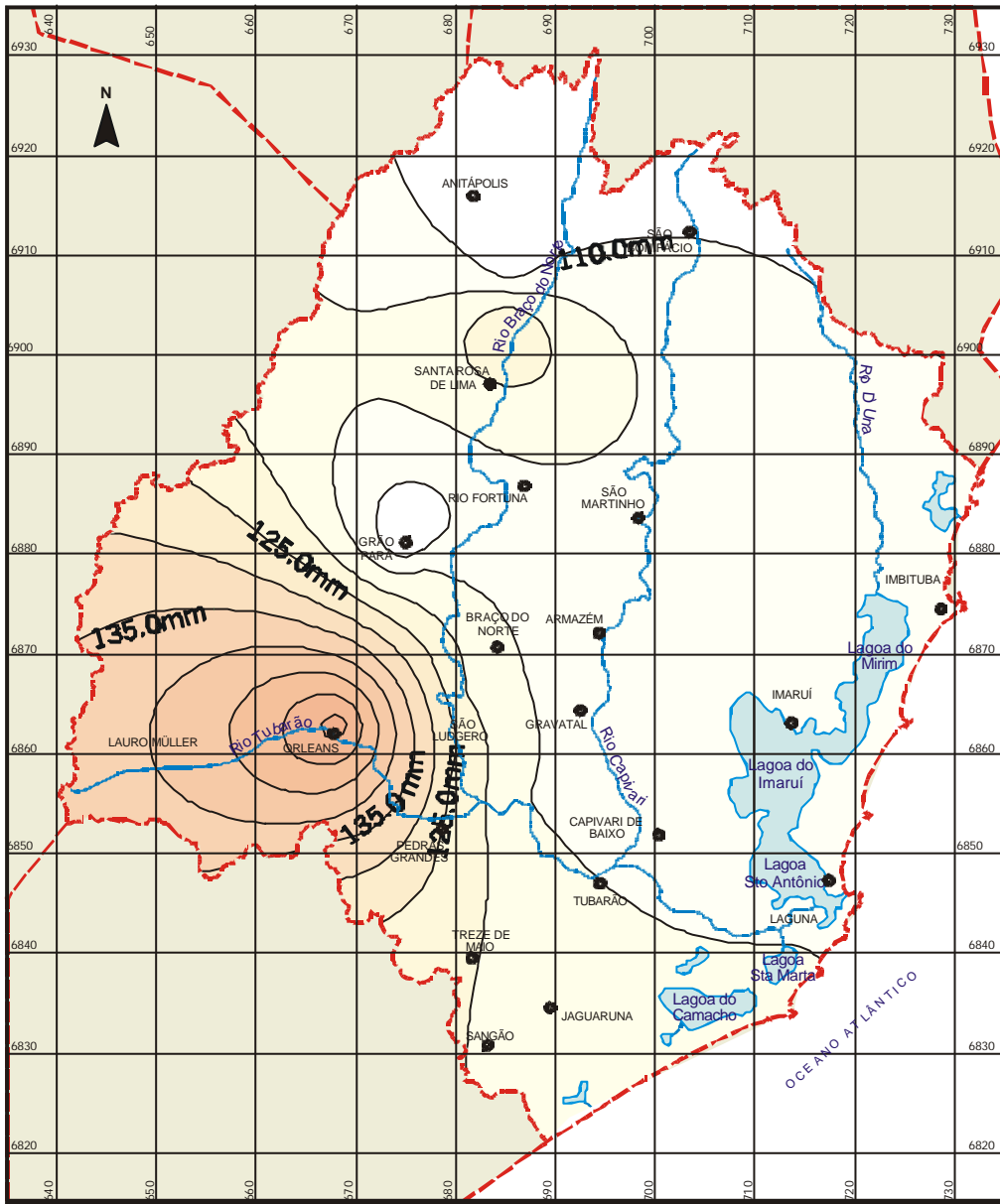
Com os resultados apresentados no quadro 3.2.3 foram obtidas as isoietas das precipitações máximas diárias com tempos de retorno de 10, 50, 100 anos para a região em estudo. O método utilizado para a interpolação espacial dos valores dos postos pluviométricos para obtenção das isoietas foi o da Krigagem (Kriging). As isoietas são apresentadas nas figuras 3.2.2 ($Tr = 10$ anos), 3.2.3 ($Tr = 50$ anos) e 3.2.4 ($Tr = 100$ anos).

As isoietas mostram que a região em torno do posto 75, no municípios de Orleans, apresenta maiores precipitações diárias em todos os tempos de retorno. Deve-se destacar que as isoietas não definem uma ocorrência espacial, mas a variabilidade dos máximos pontuais da bacia. Durante um evento, existe a tendência das precipitações diminuírem com relação ao máximo pontual ao longo do espaço.

c) Curvas i-d-f

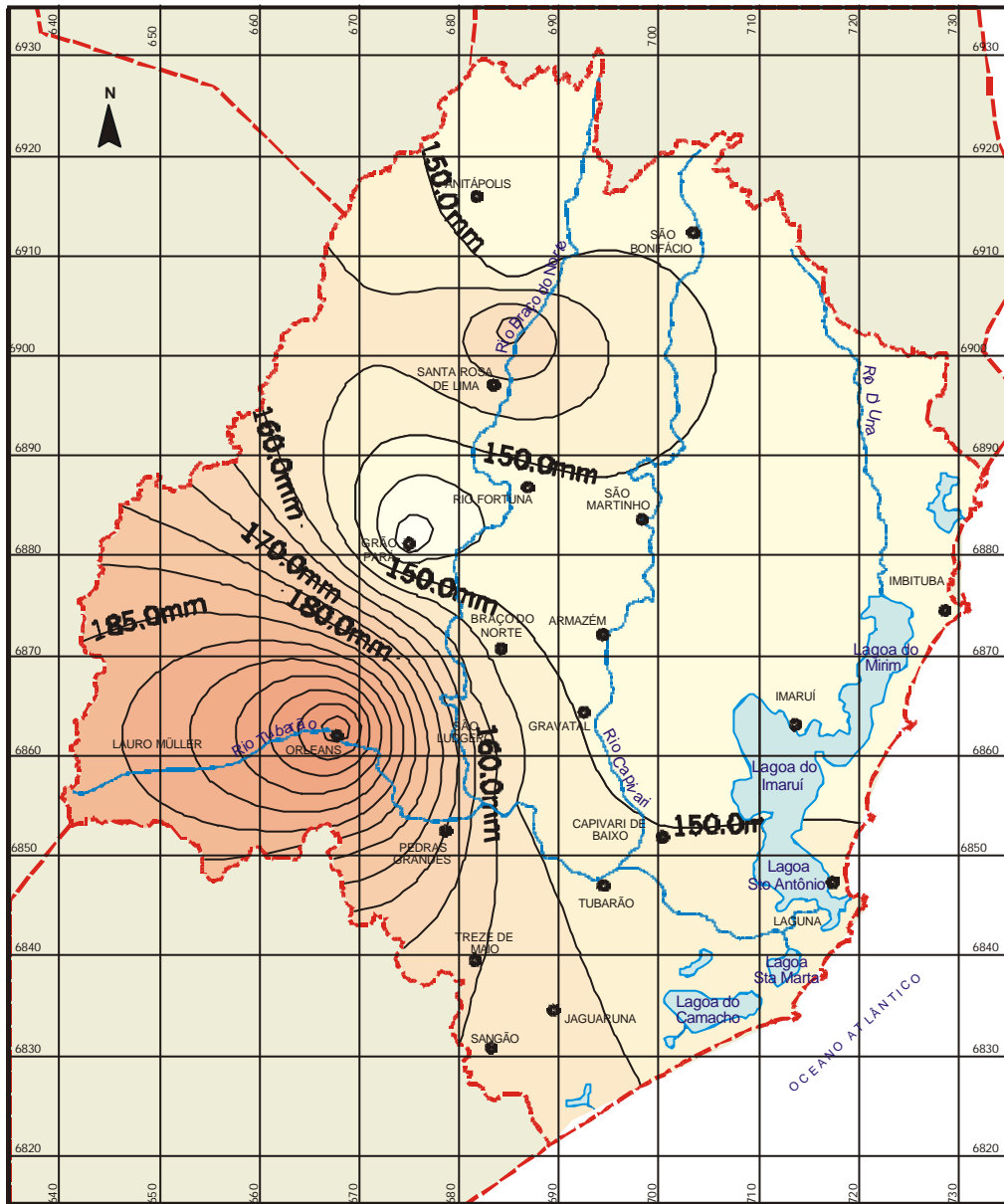
A duração da chuva a ser adotada depende da natureza do problema em que se está trabalhando. Para a obtenção dos valores de precipitações máximas com duração inferior a 24 h foi adotado o método das relações de duração (Tucci, 1993). As relações adotadas são apresentadas no quadro 3.2.5.

Através dos valores das relações apresentados no quadro 3.2.5, as precipitações máximas de 24 h foram convertidas em precipitações máximas com durações de 12 h, 10 h, 8 h, 6 h, 1 h, 30 min, 25 min, 20 min, 15 min, 10 min e 5 min.



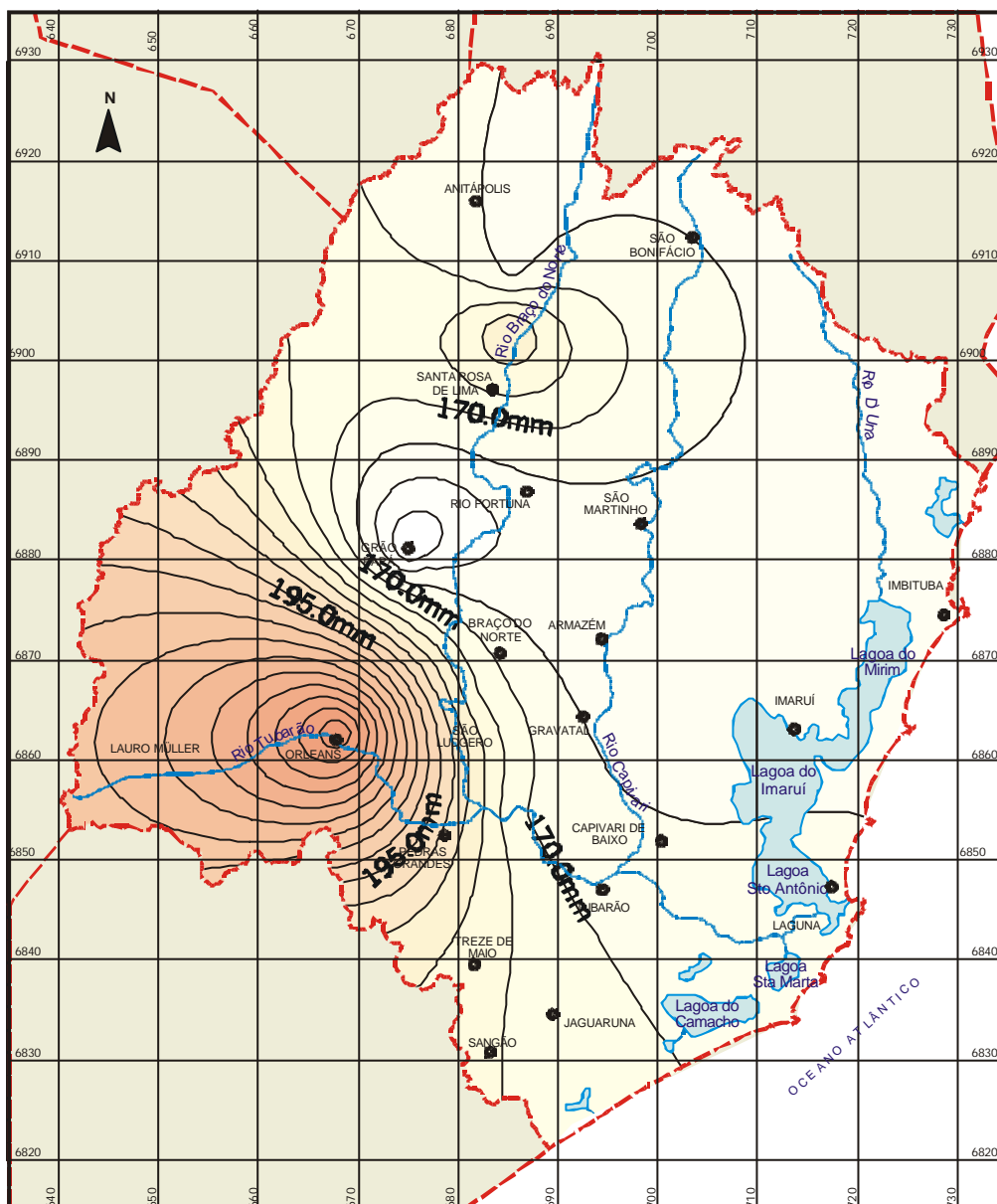
escala 1:750.000

Figura 3.2.2 – Isoietas para precipitações máximas diárias pontuais com $T_r=10$ anos



escala 1:750.000

Figura 3.2.3 – Isoietas para precipitações máximas diárias pontuais com $T_r=50$ anos



escala 1:750.000

Figura 3.2.4 - Isoietas para precipitações máximas diárias pontuais com $T_r=100$ anos

Quadro 3.2.5 – Relações entre alturas pluviométricas

Durações	Razão
24h/1dia	1,14
12h/24h	0,85
10h/24h	0,82
8h/24h	0,78
6h/24h	0,72
1h/24h	0,42
30min/1h	0,74
25min/30min	0,91
20min/30min	0,81
15min/30min	0,7
10min/30min	0,54
5min/30min	0,34

Fonte: CETESB, 1979

Para cada posto, foi ajustado uma curva de intensidade – duração – frequência do tipo:

$$i = \frac{aTr^b}{(t+c)^d} \quad (3.2.4)$$

onde:

i é a intensidade da precipitação em mm/h;

Tr é o tempo de retorno (frequência) em anos;

t é a duração da precipitação em min;

a, b, c, e d são os parâmetros de ajuste para cada posto.

Os parâmetros obtidos no ajuste, para cada posto, são apresentados no quadro 3.2.6.

Quadro 3.2.6 – Parâmetros da curva i-d-f de cada posto

Posto	Nome do Posto	Código	a	b	c	d
53	Povoamento	2749010	14,24	0,22	15	0,78
54	Divisa Anitápolis	2749012	17,63	0,20	15	0,78
72	Armazém-Capivari	2848000	16,44	0,18	15	0,78
73	Laguna	2848001	16,49	0,19	15	0,78
74	Rio do Pouso	2849000	16,26	0,20	15	0,78
75	Orleans	2849001	20,54	0,23	15	0,78
76	São Ludgero	2849000	16,71	0,20	15	0,78
81	Grão Pará	2849007	15,46	0,18	15	0,78
82	Rio Pequeno	2849008	17,24	0,17	15	0,78
84	Urussanga	2849011	17,75	0,20	15	0,78

O gráfico 3.2.4 mostra a comparação dos valores de precipitação obtidos pelas curvas i-d-f e os valores obtidos pelo método das relações de durações e distribuição de Gumbel.

Verifica-se que os valores de precipitação obtidos pelas curvas i-d-f ajustadas para os postos da região em estudo apresentam boa correlação com os valores obtidos pelo método das relações de duração e distribuição de Gumbel, pois a nuvem de pontos está bem próxima da bissetriz dos eixos coordenados.

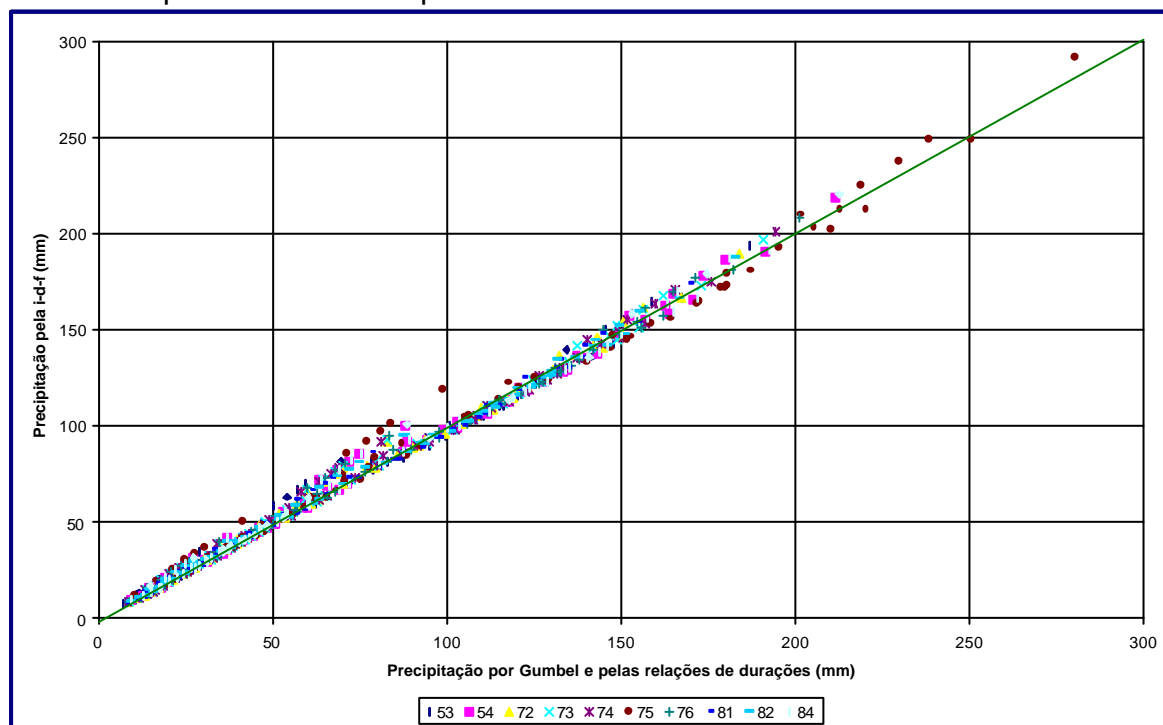


Gráfico 3.2.4 – Comparação das precipitações máximas obtidas pelas curvas i-d-f com as obtidas por Gumbel e pelas relações de durações

d) Eventos

Para melhor compreensão da distribuição espacial das precipitações máximas, foi analisados eventos reais ocorridos na região em estudo. Os eventos escolhidos ocorreram nos meses de julho de 1981, agosto de 1984, janeiro de 1995 e março de 1997. Os gráficos a seguir mostram as isoietas dos valores máximos desses eventos.

A figura 3.2.5 mostra as isoietas do dia 26/07/81. Nesse evento, as precipitações maiores ocorreram a montante da bacia, nas cabeceiras dos rios Braço do Norte, Capivari e D'Una. Os eventos chuvosos do mês de julho de 1981 provocaram enchentes na cidade de Tubarão, onde foi registrado um número de 800 desabrigados (Herrmann, 2000), o que representou 1,04% da população do município.

A figura 3.2.6 apresenta as isoietas do dia 07/08/84. Na figura, observamos que a precipitação apresenta um gradiente na direção NO-SW, localizando as maiores precipitações ao noroeste da bacia, de forma que, as maiores precipitações ocorreram a montante dos cursos d'água.

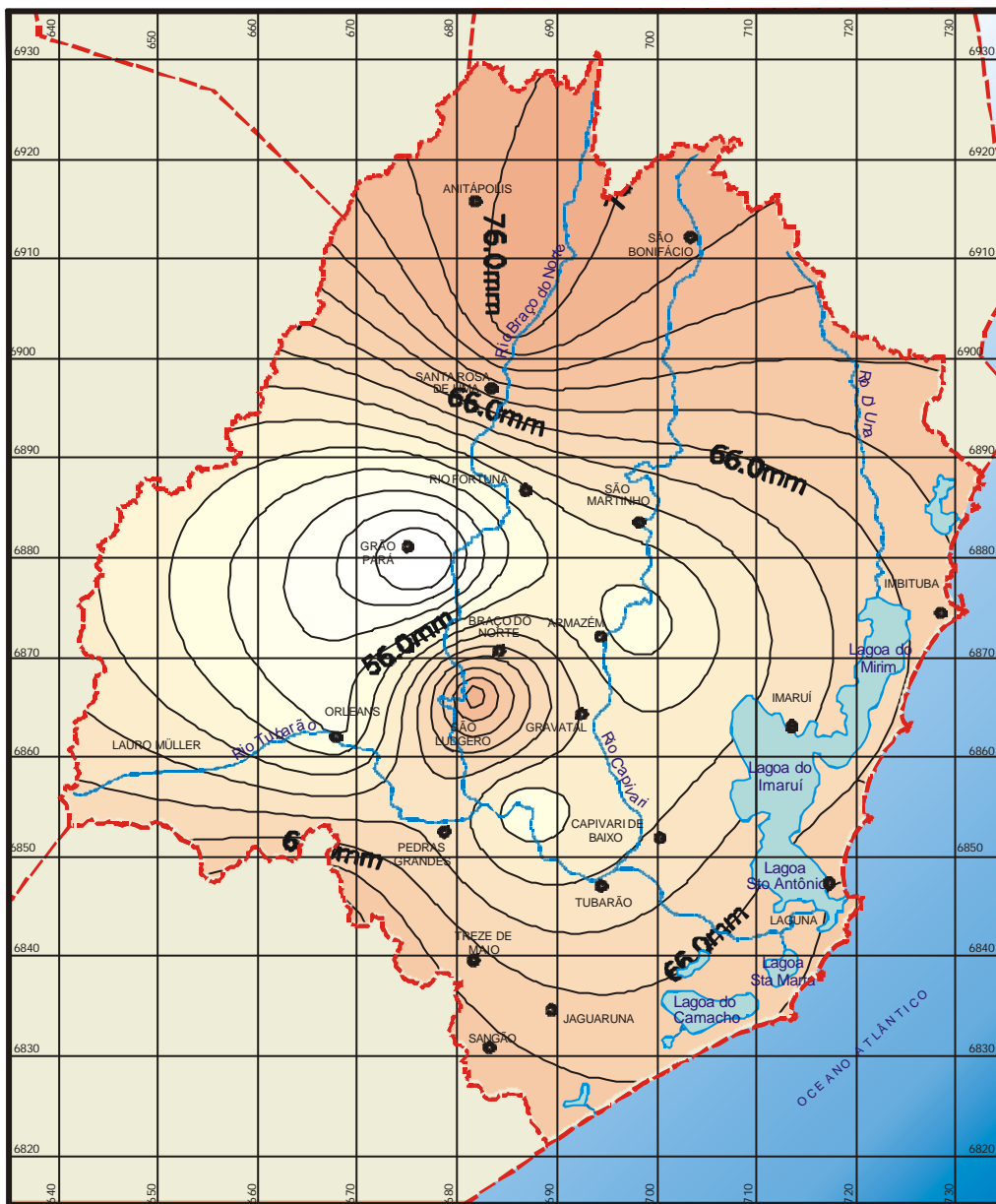
A figura 3.2.7 mostra as isoietas do dia 10/01/95. Nessa figura também é observado o gradiente de precipitações na direção NO-SW, sendo que a NO da bacia as precipitações foram em torno de 10 de tempo de recorrência, enquanto que a SW da bacia não houve precipitação. Nesse mês, foi registrado, em Tubarão, 1.027 desabrigados, o equivalente a 1,20% da população do município (Herrmann, 2000).

A figura 3.2.8 apresenta as isoietas das precipitações do dia 13/03/97. Esse evento é de menor magnitude do que os anteriores, porém é de maior frequência. Também nesse evento foi verificado o gradiente de precipitações na direção NO-SW.

e) Sazonalidade

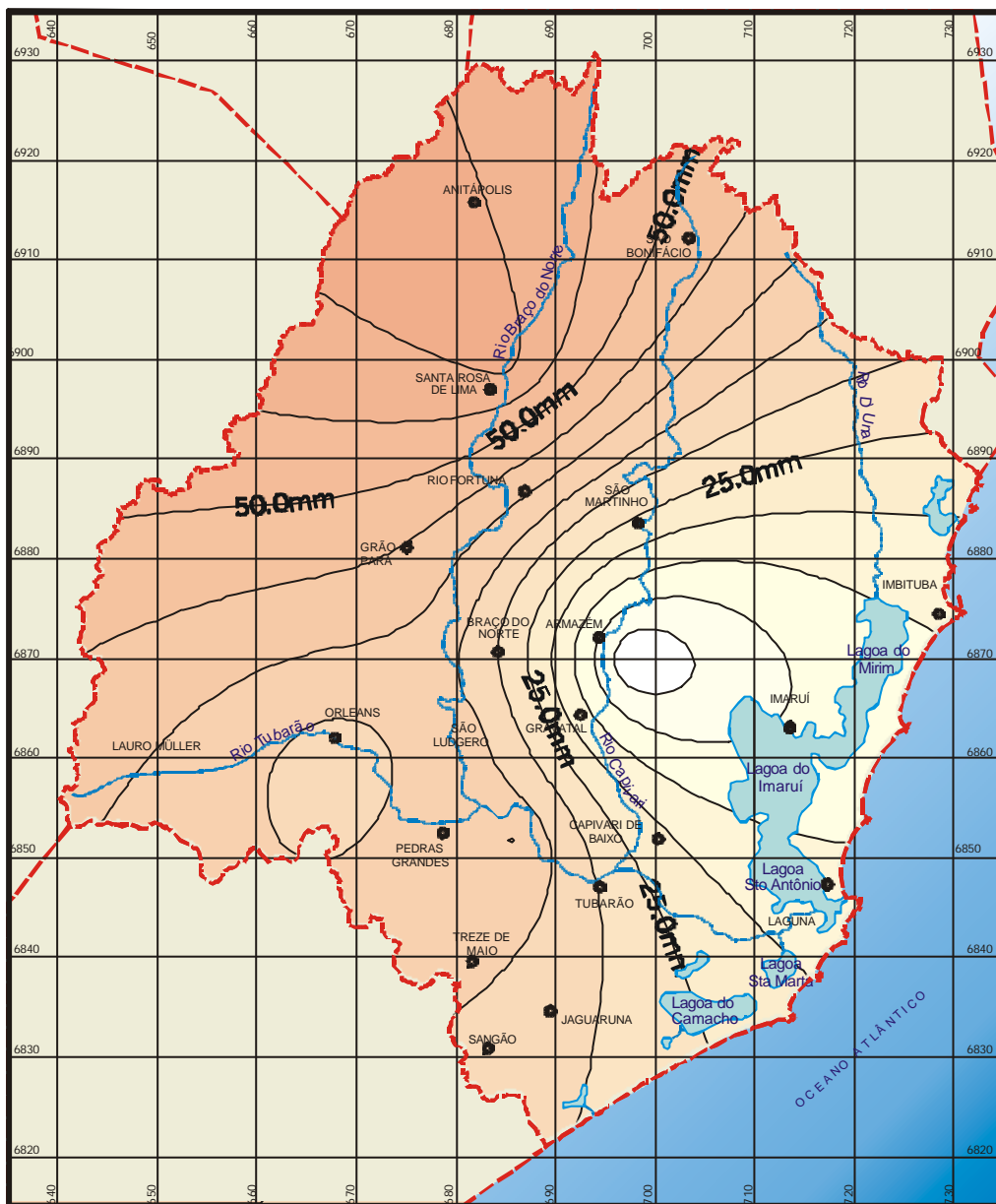
Para o estudo da sazonalidade das precipitações mensais foi obtido a média histórica para os meses do ano em cada posto da região estudada. O resultado é apresentado no quadro 3.2.7 que mostra também a média, desvio padrão (d. pad.) e Coeficiente de Variação ($CV = \text{d. pad.} / \text{média}$) dos postos para cada mês do ano. Os postos da região apresentam um baixo CV para a precipitação média, entre 0,10 e 0,13, com exceção dos meses de dezembro a fevereiro que apresentam CV igual a 0,20, mostrando que a variação espacial das precipitações é mais significativa no verão.

O quadro 3.2.8 apresenta as precipitações mínimas históricas em cada posto da região em estudo. Para as precipitações mínimas mensais os valores de CV são maiores que os da precipitação média, mostrando que a variabilidade espacial da precipitação mínima é maior.



escala 1:750.000

Figura 3.2.5 - Isoietas das precipitações do dia 26/07/81



escala 1:750.000

Figura 3.2.6 - Isoietas das precipitações do dia 07/08/84



escala 1:750.000

Figura 3.2.7 - Isoietas das precipitações do dia 10/01/95



escala 1:750.000

Figura 3.2.8 - Isoietas das precipitações do dia 13/03/97

Quadro 3.2.7 – Precipitações médias históricas nos postos da região em estudo (mm)

Posto	Nome do Posto	Código	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
53	Povoamento	2749010	187,81	224,27	170,73	114,41	82,31	80,39	97,49	100,09	144,83	137,79	104,97	125,94
54	Divisa Anitápolis	2749012	211,06	237,20	195,19	119,64	109,78	89,02	106,57	109,16	133,97	146,88	132,38	184,04
72	Armazém-Capivari	2848000	136,59	163,51	136,46	87,41	75,16	68,64	90,67	89,99	104,66	103,21	93,58	113,21
73	Laguna	2848001	106,45	114,46	138,91	108,68	95,82	83,66	96,93	118,55	136,94	116,73	97,44	93,87
74	Rio do Pouso	2849000	140,57	164,55	138,21	84,13	72,72	68,29	76,89	90,02	108,45	110,23	95,08	119,11
75	Orleans	2849001	211,40	244,84	170,39	94,97	93,52	83,56	99,29	103,38	124,29	135,71	114,40	150,00
76	São Ludgero	2849002	162,11	178,60	137,96	83,44	83,70	69,31	88,62	89,94	110,99	107,18	96,27	123,88
81	Grão Pará	2849007	167,94	201,43	169,15	103,40	71,83	65,32	78,74	86,60	125,59	123,16	94,56	103,78
82	Rio Pequeno	2849008	171,55	188,68	176,74	86,78	80,01	67,00	92,37	99,02	113,54	112,53	103,06	127,01
84	Urussanga	2849011	186,57	204,60	177,65	104,19	96,61	77,05	95,57	112,84	132,30	129,15	118,85	145,75
Média			168,21	192,21	161,14	98,71	86,15	75,23	92,31	99,96	123,55	122,26	105,06	128,66
d. pad.			33,41	39,29	21,30	13,19	12,38	8,52	9,12	10,98	13,60	14,67	12,93	25,83
CV			0,20	0,20	0,13	0,13	0,14	0,11	0,10	0,11	0,11	0,12	0,12	0,20

Quadro 3.2.8 – Precipitações mínimas nos postos da região em estudo (mm)

Posto	Nome do Posto	Código	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
53	Povoamento	2749010	42,30	39,80	38,30	12,50	11,00	5,80	25,90	0,00	22,60	53,50	17,80	15,20
54	Divisa Anitápolis	2749012	27,20	53,40	73,10	14,30	18,10	6,50	7,00	0,00	23,70	44,60	13,90	26,40
72	Armazém-Capivari	2848000	23,10	24,80	33,10	3,90	8,80	7,80	15,60	0,00	9,00	40,80	7,50	0,00
73	Laguna	2848001	6,00	29,60	27,60	8,90	4,40	18,60	17,80	0,50	45,30	44,60	6,50	3,20
74	Rio do Pouso	2849000	18,40	37,40	29,70	10,20	4,00	0,00	15,20	0,00	7,20	32,40	8,10	0,80
75	Orleans	2849001	44,40	59,20	53,60	11,90	6,70	6,60	12,70	0,00	14,10	26,90	21,20	7,10
76	São Ludgero	2849002	48,00	31,40	32,00	11,00	5,00	2,40	13,50	0,00	12,90	26,90	16,60	2,00
81	Grão Pará	2849007	42,50	18,00	31,30	20,00	9,70	2,40	17,70	0,00	12,20	45,20	26,80	11,20
82	Rio Pequeno	2849008	23,60	29,00	27,60	11,00	9,50	0,50	16,50	0,20	4,90	35,60	24,30	5,00
84	Urussanga	2849011	38,90	58,80	59,00	13,90	14,40	12,50	19,10	0,00	36,10	37,70	17,60	7,60
Média			31,44	38,14	40,53	11,76	9,16	6,31	16,10	0,07	18,80	38,82	16,03	7,85
Des.pad			13,76	14,50	15,79	4,12	4,52	5,74	4,86	0,16	13,18	8,59	7,06	8,06
CV			0,44	0,38	0,39	0,35	0,49	0,91	0,30	2,34	0,70	0,22	0,44	1,03

O quadro 3.2.9 apresenta as precipitações máximas históricas em cada posto da região em estudo. Para as precipitações máximas mensais também apresentamos valores de altos de CV, mostrando a grande variabilidade espacial da precipitação máxima, principalmente nos meses de verão.

O quadro 3.2.10 mostra a percentagem de ocorrência da precipitação máxima anual em cada mês do ano, para os postos da região em estudo. Pela tabela, observa-se que as 70% das precipitações máximas anuais ocorrem no verão (dezembro a março), sendo o mês de fevereiro o por 28,5% das precipitações máximas anuais.

O quadro 3.2.11 mostra a sazonalidade das precipitações na região em estudo. Os valores foram obtidos através da média dos postos da região em estudo. Nota-se, que a variação da precipitação mensal média ao longo do ano é pequena. Porém, as precipitações máximas se destacam nos de verão (dezembro a março) e no mês de julho. Essa tabela é ilustrada pelo gráfico 3.2.5.

Quadro 3.2.9 – Precipitações máximas nos postos da região em estudo (mm)

Posto	Nome do Posto	Código	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
53	Povoamento	2749010	413,80	452,70	317,40	249,40	219,40	174,60	270,80	281,60	312,00	259,80	221,50	245,50
54	Divisa Anitápolis	2749012	519,00	467,00	592,80	365,60	341,70	196,90	540,80	324,90	290,70	272,10	271,00	650,00
72	Armazém-Capivari	2848000	296,50	398,30	508,20	301,00	245,40	173,40	431,60	303,10	251,60	206,70	216,40	347,60
73	Laguna	2848001	253,00	286,20	315,40	453,20	346,60	316,00	470,50	341,10	296,60	275,60	279,30	357,40
74	Rio do Pouso	2849000	443,90	400,20	446,90	254,10	281,50	177,60	210,50	334,60	235,50	293,70	232,50	488,20
75	Orleans	2849001	852,40	1143,8	708,30	249,20	379,00	464,40	488,40	346,80	586,20	446,40	309,00	384,00
76	São Ludgero	2849002	383,00	458,10	569,60	257,90	400,60	172,70	475,40	323,40	254,00	261,70	234,30	337,80
81	Grão Pará	2849007	309,20	341,80	419,50	208,40	175,80	166,00	209,90	243,00	246,90	214,10	199,70	158,60
82	Rio Pequeno	2849008	311,00	381,80	512,80	174,00	274,00	173,20	447,40	323,20	237,50	209,50	244,00	402,90
84	Urussanga	2849011	320,80	502,70	742,20	270,50	411,60	175,10	451,10	458,30	295,60	302,60	243,60	325,50
Média			410,26	483,26	513,31	278,33	307,56	218,99	399,64	328,00	300,66	274,22	245,13	369,75
des.pad			174,78	240,78	145,56	79,75	80,33	97,10	121,51	55,38	104,09	69,57	32,74	132,29
CV			0,43	0,50	0,28	0,29	0,26	0,44	0,30	0,17	0,35	0,25	0,13	0,36

Quadro 3.2.10 – Ocorrência da precipitação máxima anual nos postos da região em estudo

Posto	Nome do Posto	Código	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
53	Povoamento	2749010	13,8%	51,7%	10,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	6,9%	6,9%	3,4%	3,4%	3,4%
54	Divisa Anitápolis	2749012	19,6%	31,4%	19,6%	2,0%	3,9%	0,0%	2,0%	3,9%	5,9%	0,0%	0,0%	11,8%
72	Armazém-Capivari	2848000	15,2%	21,7%	15,2%	6,5%	6,5%	0,0%	6,5%	4,3%	6,5%	4,3%	2,2%	10,9%
73	Laguna	2848001	12,5%	8,3%	8,3%	16,7%	8,3%	8,3%	4,2%	8,3%	4,2%	16,7%	0,0%	4,2%
74	Rio do Pouso	2849000	16,7%	31,5%	16,7%	3,7%	1,9%	0,0%	1,9%	5,6%	1,9%	9,3%	1,9%	9,3%
75	Orleans	2849001	22,4%	26,5%	16,3%	0,0%	4,1%	2,0%	4,1%	2,0%	8,2%	4,1%	2,0%	8,2%
76	São Ludgero	2849002	23,6%	27,3%	12,7%	1,8%	3,6%	0,0%	3,6%	5,5%	7,3%	7,3%	3,6%	3,6%
81	Grão Pará	2849007	19,0%	33,3%	19,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4,8%	14,3%	4,8%	0,0%	4,8%
82	Rio Pequeno	2849008	23,1%	25,6%	23,1%	0,0%	0,0%	0,0%	2,6%	5,1%	7,7%	5,1%	0,0%	7,7%
84	Urussanga	2849011	20,9%	27,9%	11,6%	2,3%	4,7%	0,0%	2,3%	2,3%	9,3%	4,7%	2,3%	11,6%
Média			18,7%	28,5%	15,3%	3,3%	3,3%	1,0%	2,7%	4,9%	7,2%	6,0%	1,5%	7,5%

Quadro 3.2.11 – Sazonalidade das precipitações na região em estudo

Mês	Média (mm)	Mínimo (mm)	Máximo (mm)	Ocorrência de Máximo Anual
Janeiro	168,206	31,44	410,26	18,7%
Fevereiro	192,213	38,14	483,26	28,5%
Março	161,14	40,53	513,31	15,3%
Abril	98,7056	11,76	278,33	3,3%
Maio	86,1454	9,16	307,56	3,3%
Junho	75,225	6,31	218,99	1,0%
Julho	92,3137	16,1	399,64	2,7%
Agosto	99,9595	0,07	328	4,9%
Setembro	123,555	18,8	300,66	7,2%
Outubro	122,257	38,82	274,22	6,0%
Novembro	105,058	16,03	245,13	1,5%
Dezembro	128,659	7,85	369,75	7,5%

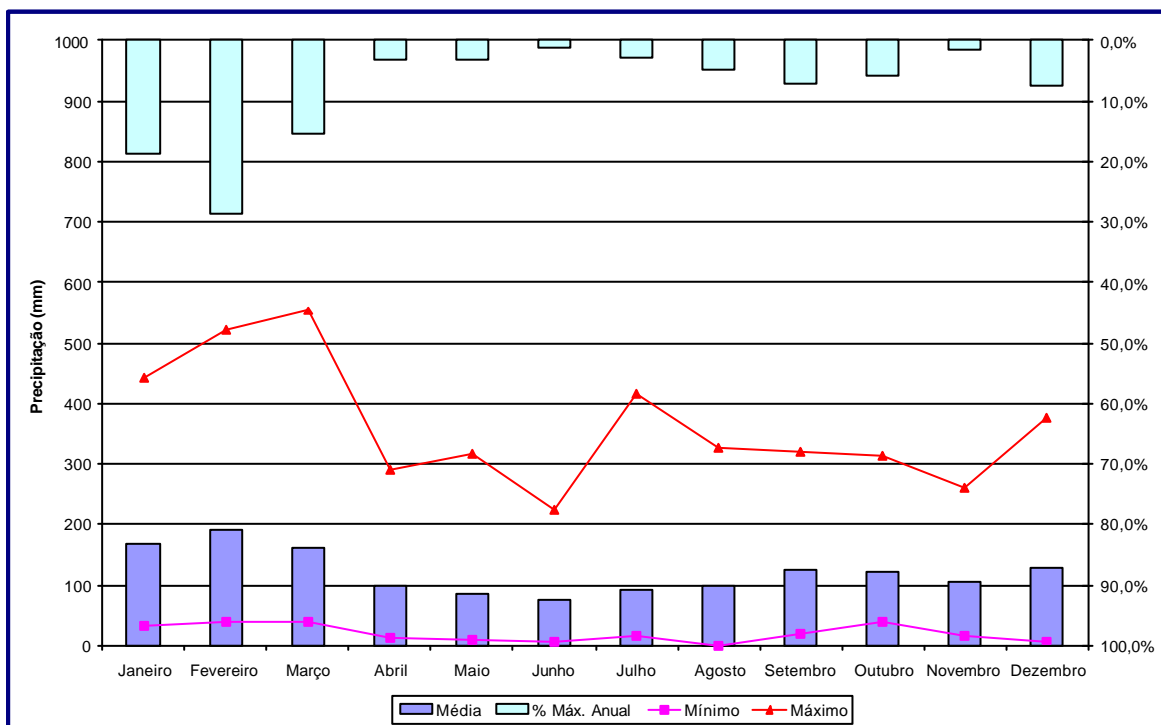


Gráfico 3.2.5 – Sazonalidade das precipitações na região em estudo

A avaliação das inundações mostra que os eventos de maior frequência (menor magnitude) tende a ocorrer no verão como efeito de chuvas convectivas, enquanto que os eventos de menor frequência (alto tempo de retorno) tende a ocorrer nos meses de transição ou no inverno. Na realidade a maior inundação de cada ano pode ocorrer em qualquer mês do ano, o que mostra que não existe uma sazonalidade tão bem definida.

3.2.2.3 Diagnóstico das Cheias

Para identificar a realidade atual dos municípios da bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar no que se refere a inundações foi feito um diagnóstico das inundações ribeirinhas e enchentes urbanos em nove municípios da região. Esses municípios foram escolhidos devido ao registro de pelo menos uma enchente parcial nos últimos 20 anos, conforme mostra o quadro 3.2.12.

Além das enchentes apresentadas no quadro 3.2.12, vale ressaltar que o município de Tubarão foi drasticamente atingido por uma cheia no ano de 1974 que inundou 90% da zona urbana da época, deixando mais de 50 mil desabrigados, sendo que a população na época era de aproximadamente 70 mil habitantes.

A seguir são apresentados diagnósticos das enchentes nos municípios citados no quadro 3.2.12. Nesses municípios não foi possível obter cartas topográficas em escala adequada (1:10.000), com exceção do município de Tubarão, fato que inviabilizou a elaboração de mapas de inundações desses municípios. Para o município de Tubarão, foi obtido o mapa de inundações associando o risco de ocorrência de cheia com as áreas inundáveis.

Quadro 3.2.12 – Ocorrência de enchentes na bacia do rio Tubarão no período 1980 - 2000

Município	Mês e Ano da Ocorrência		
	Enchente com Calamidade Pública	Enchente Parcial com Desabrigados	Enchente Parcial
São Martinho	12/95	-	8/84
Armazém	12/95	-	8/84
Gravatal	3/94	-	7/81; 8/84; 12/95
Capivarí de Baixo	12/95	-	-
Grão Pará	-	-	8/84; 12/95
Braço do Norte	-	5/94	8/84; 12/95
São Lugdero	-	5/94	8/84
Treze de Maio	-	-	6/81; 8/84; 9/94; 12/95
Tubarão	12/95	7/81; 5/94; 1/95	8/84; 12/95

Fonte: Herrmann, 2000

a) São Martinho

O Município de São Martinho, localizado na região centro norte da bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar, distante 39 km de Tubarão e a 177 km de Florianópolis, possui relevo acidentado. As altitudes variam entre 20 e 900 metros acima do nível do mar. Possui uma área de 235,7 km² e uma população de 3.274 habitantes (IBGE, 2000).

Seu núcleo primitivo, denominado Praia Redonda, foi fundado por imigrantes de ascendência germânica. Os fluxos migratórios mais intensos deram-se entre os anos de 1859 a 1865. A emancipação municipal deu-se em 1962, com terras desmembradas do Município de Imaruí.

As inúmeras quedas d'água existente no município vem atraindo turistas de várias regiões. Esse fato levou à implementação, no município, do turismo rural, onde a EPAGRI vem atuando na profissionalização dos agricultores. A proliferação de queijarias, produtos defumados e doces decorre dessa atividade, que se realiza sob vigilância sanitária da própria EPAGRI, ou de órgãos, tais como a CIDASC e a FATMA. Ressaltamos que, em consequência do turismo rural, a agricultura é cada vez mais setor de destaque da economia municipal.

O núcleo urbano de São Martinho se adensa em torno da rodovia SC 431 (rodovia Sílvio João de Oliveira) e do Rio Capivari.

Localização em Coordenadas UTM: de 690050 a 709250 E e de 6874700 a 6902120 N

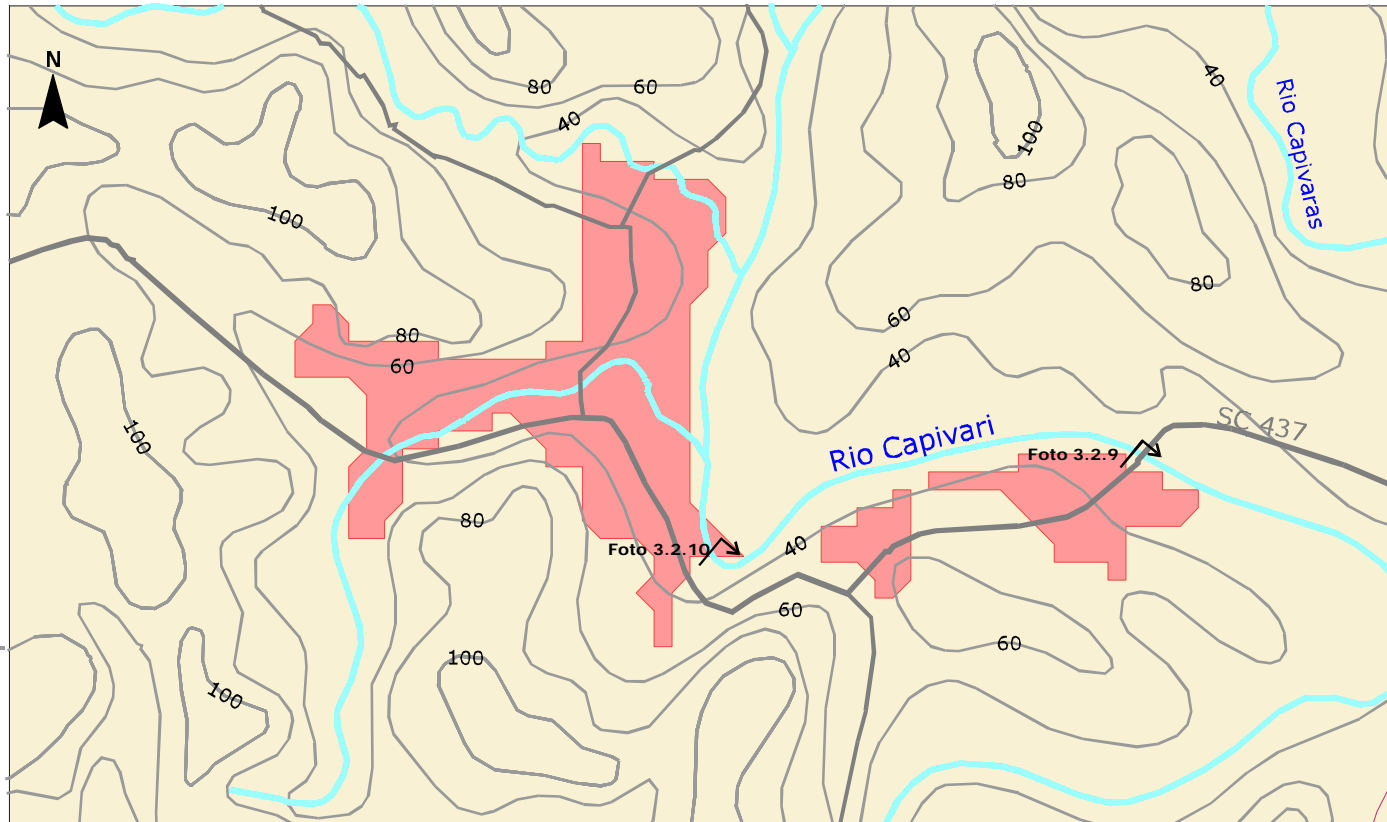
Acesso: a partir de Tubarão, pela SC 438 até Gravatal (8 Km). De Gravatal, até a sede, pela rodovia SC 431, Rodovia Sílvio João de Oliveira, 29 Km.

Ano de Emancipação: 1962.

Ponto mais elevado: 900 metros, na divisa com o Município de São Bonifácio.

Limites: a Norte com o Município de São Bonifácio, a Leste e Sudeste com o Município de Imaruí, a Nordeste com o Município de Paulo Lopes, a Oeste com o Município Rio Fortuna, a Noroeste com o Município de Santa Rosa de Lima, e a Sul com o Município de Armazém.

A figura 3.2.9 apresenta o mapa de localização do município e sua área urbana.



escala 1:12500

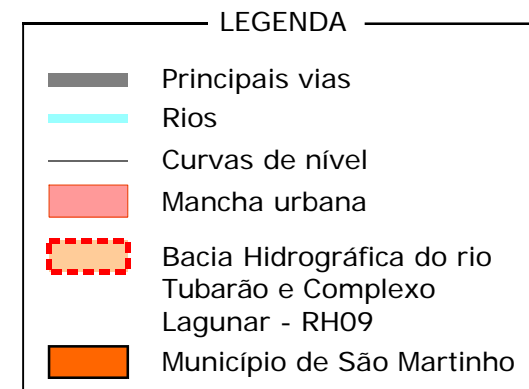
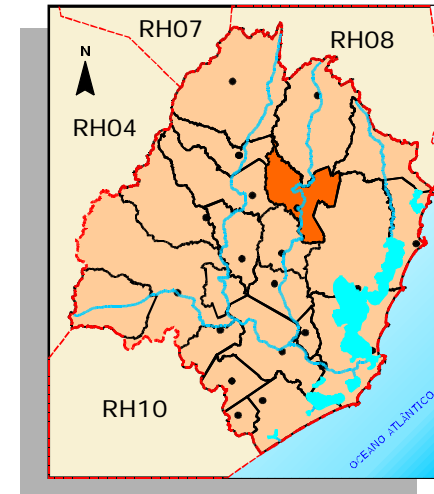


Figura 3.2.9 - Mapa de localização e área urbana do Município de São Martinho

Rede Hidrográfica

Rio Capivarí, que banha a cidade. Principais afluentes: Rio Capivaras e Rio Gabiroba.

O Rio Capivarí apresenta uma bacia de 620 km² a jusante da área urbana, onde se localiza um posto fluviométrico (84598002) da ANEEL, como mostra a foto 3.2.9. Neste posto, o rio Capivarí apresenta vazão média histórica de 18,7 m³/s o que corresponde a uma vazão específica de 30,2 l/s/km². A vazão mínima Q_{7,10} é de 2,5 m³/s.



Foto 3.2.9 – Vista à jusante do posto fluviométrico 84598002 (casa branca à esquerda da foto) no rio Capivarí, em São Martinho

Localização em Coordenadas UTM: 699347 E, 6882842 N

Regime Pluviométrico

A região do município de São Martinho apresenta uma precipitação anual em torno de 1600 mm. O mês de fevereiro apresenta maior média de precipitação com 165 mm/mês e o mês de junho apresenta a menor, com 70 mm/mês.

As precipitações máximas anuais ocorrem com maior frequência nos meses de verão (dezembro a março), que são responsáveis por 63% das ocorrências dos máximos valores anuais de precipitação diária, sendo o mês de fevereiro o de maior incidência (21,7% de toda a série histórica de 39 anos).

As máximas precipitações diárias são: 73, 132 e 165 mm para os tempos de retorno de 2, 25 e 100 anos, respectivamente. Normalmente, as maiores precipitações na bacia do rio Capivarí ocorrem em sua cabeceira, no município de São Bonifácio e diminuem gradativamente ao longo da bacia. Por isso, as inundações no município de São Martinho são bastante influenciadas pelas precipitações máximas ocorridas em São Bonifácio, cuja precipitação anual é de 1850 mm e a maior precipitação mensal (fevereiro) é de 230 mm.

Inundações

O rio Capivarí possui uma bacia hidrográfica com grande área de drenagem em relação aos demais cursos d'água do município. Os rios deste porte possuem dois leitos principais. O leito menor onde ocorre o escoamento na maioria do tempo e o leito maior onde o mesmo escoamento ocorre nos períodos de inundações. Cada ano, de acordo com as condições pluviométricas ocorridas, pode produzir inundações de diferentes magnitudes e, portanto, inundar o leito maior até um determinado nível. A variabilidade destas inundações combinadas com a quantidade de sedimentos que o rio transporta, moldou o terreno da área onde se encontra a cidade. Nos períodos chuvosos a tendência é de que o rio, em cota mais alta, represe os afluentes com baixas velocidades fazendo com que seu escoamento penetre no Capivarí somente quando os níveis de água forem maiores que o do Capivarí, dessa forma inundando pela combinação do escoamento dos riachos e do próprio Capivarí.

Como as chuvas são intensas, os condicionantes principais de escoamento e de inundação se reduzem ao volume de chuva gerado em seqüências de dias chuvosos, que permita gerar gradiente de escoamento para o Capivarí.

As vazões máximas no rio Capivarí são: 185, 426 e 545 m³/s para os tempos de retorno de 2, 25 e 100 anos, respectivamente. Vale ressaltar que estes valores foram obtidos com base na regionalização da curva de probabilidade de vazões máximas dos postos fluviométricos da região, devido a escassez de dados fluviométricos no município.

Pela figura 3.2.9 observamos que a área urbana de São Martinho se desenvolveu ao longo da margem direita do rio Capivarí, ocupando o seu leito maior.

A planície de inundação do rio Capivarí é utilizado por pequenos plantadores da região, que relatam que houve um aumento na frequência das inundações nos últimos 10 anos, passando a ocorrer quase todos os anos e às vezes mais de uma vez por ano, o que inviabilizou o uso dessa planície pelos plantadores.

Também foi relatado uma redução significativa na vazão média do rio Capivarí, que incentivou a prefeitura municipal a desenvolver um programa de recuperação da mata ciliar no município. Deve-se ressaltar que muitas vezes estes relatos se referem aos três últimos anos, que é a percepção das pessoas e, portanto não possuem consistência estatística de causa-efeito.

No município não foi diagnosticado grande ocupação urbana na área ribeirinha. O município apresenta um pequeno crescimento urbano (1% ao ano, segundo o IBGE, 1996). No entanto, para que seja possível uma avaliação técnica dos riscos de inundações da cidade é necessário dispor de topografia da cidade.

Há uma maior frequência de inundações no verão, devido as chuvas intensas desse período, porém também foram registrados inundações no inverno (agosto de 1984).

As margens do rio Capivarí estão bastantes degradadas e a intensa exploração dos recursos naturais da região nas últimas décadas provocou uma redução na capacidade de armazenamento da bacia hidrográfica, tornando-a mais susceptível a ocorrência de cheias e diminuindo o valor de sua vazão média.



Foto 3.2.10 – Vista à jusante do rio Capivarí, ponte pênsil, São Martinho

Localização em Coordenadas UTM: 698610 E, 6882938 N

b) Armazém

O Município de Armazém, localizado na região central da bacia hidrográfica do rio do Tubarão e Complexo Lagunar, distante 27 km de Tubarão e a 153 km de Florianópolis, está situado em relevo pouco acidentado, com altitudes entre 20 e 625 metros acima do nível do mar. Possui uma área de 138,4 km² e uma população de 6.870 habitantes (IBGE, 2000).

Colonizado por imigrantes alemães, a partir de 1880, recebeu, inicialmente, o nome de Capivari, em consequência do rio que corta o município. Posteriormente, passou a chamar-se Armazém, devido a um estabelecimento comercial instalado no Sertão dos Corrêas, localidade pertencente ao município. A área urbana está localizada ao longo da rodovia SC 431.

O município tem baixo índice de industrialização. Dentre as indústrias, prosperam a moveleira, de facção (produtos em jeans) e frigoríficos.

A figura 3.2.10 apresenta o mapa de localização do município e sua área urbana.

Localização em Coordenadas UTM: de 688000 a 704000 E e de 6868500 a 6884760 N

Acesso: a partir de Tubarão pela SC 438 - Rodovia Hercílio Zappellini, até Gravatal (19 km). De Gravatal até a sede municipal de Armazém pela rodovia SC 431 – Rodovia Sílvio João de Oliveira (8 km).

Ano de Emancipação: 1959.

Ponto Mais Elevado: 625 metros, ao leste do município, na divisa com o Município de Imaruí.

Limites: ao Sul com o Município de Gravatal, a Leste com Imaruí, ao Norte com São Martinho, a Noroeste com Rio Fortuna e a Oeste com Braço do Norte.

Rede Hidrográfica

Representada pela bacia do rio Capivari e seus afluentes. Afluentes da margem direita: rio Carolina, Sanga Morta, Mundo Novo, Sertão dos Corrêas e das Corujas. Afluentes da margem esquerda: rio Cachoeira dos Macacos.

O rio Capivarí apresenta uma bacia de 773 km² a jusante da área urbana, onde se localiza um posto fluviométrico (84600000) da ANEEL, que está em funcionamento desde de 1942. Neste posto, o rio Capivarí apresenta vazão média histórica de 19,5 m³/s o que corresponde a uma vazão específica de 25,2 l/s/km². A vazão mínima $Q_{7,10}$ é de 3,1 m³/s.

Regime Pluviométrico

A região do município de Armazém apresenta uma precipitação anual em torno de 1300 mm. O mês de fevereiro apresenta maior média de precipitação com 165 mm/mês e o mês de junho apresenta a menor, com 70 mm/mês.

As precipitações máximas anuais ocorrem com maior frequência nos meses de verão (dezembro a março), que são responsáveis por 63% das ocorrências dos máximos valores anuais de precipitação diária, sendo o mês de fevereiro o de maior incidência (21,7% de toda a série histórica de 39 anos).

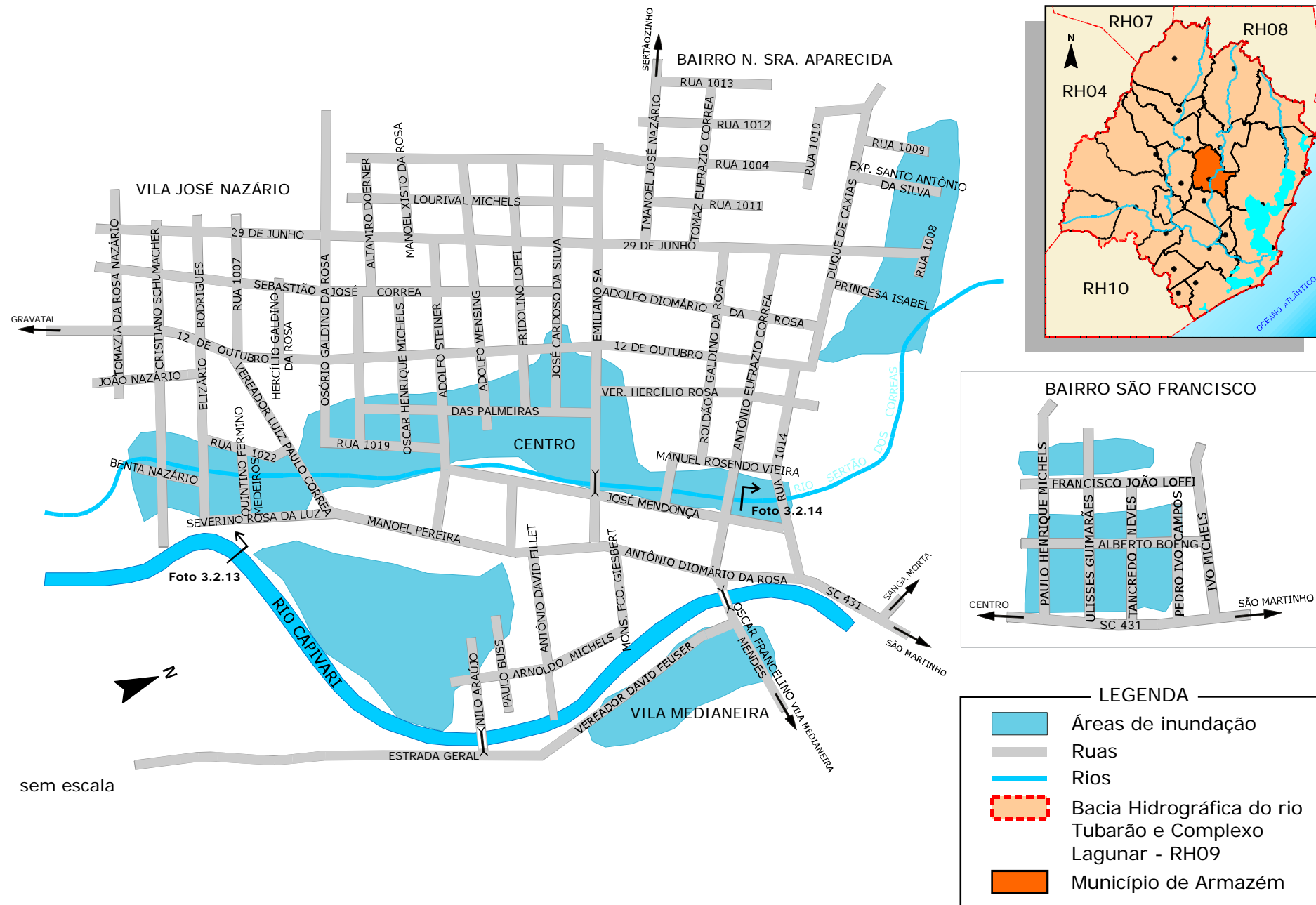


Figura 3.2.10 - Mapa de localização e área urbana do Município de Armazém

As máximas precipitações diárias são: 73, 132 e 165 mm para os tempos de retorno de 2, 25 e 100 anos, respectivamente. Normalmente, as maiores precipitações na bacia do rio Capivarí ocorrem em sua cabeceira, no município de São Bonifácio e diminuem gradativamente ao longo da bacia. Por isso, as inundações no município de Armazém são bastante influenciadas pelas precipitações máximas ocorridas em São Bonifácio, cuja precipitação anual é de 1850 mm e a maior precipitação mensal (fevereiro) é de 230 mm.

Inundações

O rio Capivarí possui uma bacia hidrográfica com grande área de drenagem (mais de 750 km²). Pode-se observar na fotografia panorâmica (foto 3.2.11) dois leitos principais, o leito menor por onde o escoamento está ocorrendo e depois das margens o leito maior onde se encontra praticamente toda a cidade. Nos períodos chuvosos a tendência é de que o rio, em cota mais alta, represe os afluentes na área urbana, agravando ainda mais as inundações. Com baixas velocidades estes afluentes da área urbana penetram no Capivarí somente quando os níveis de água forem maiores que o do Capivarí, dessa forma inundando pela combinação do escoamento dos riachos e do próprio Capivarí.

As vazões máximas no rio Capivarí são: 229, 528 e 676 m³/s para os tempos de retorno de 2, 25 e 100 anos, respectivamente. Vale ressaltar que estes valores foram obtidos com base na regionalização da curva de probabilidade de vazões máximas dos postos fluviométricos da região, devido a escassez de dados fluviométricos no município.

As margens do rio Capivarí estão bastantes degradadas devido ao desmatamento da mata ciliar e por causa da extração de areia de seu leito, o que provocam uma mudança drástica na morfologia do rio (foto 3.2.12).

Na prefeitura municipal de Armazém já existe um diagnóstico das áreas de inundações na área urbana. Há uma intenção por parte da prefeitura da remoção dos moradores das áreas constantemente alagadas. Boa parte da população dessa área já se deslocou para regiões mais altas do município. Os corpos d'água que provocam inundações são: O próprio Capivarí (foto 3.2.13) e pelo córrego Sertão dos Corrêas (foto 3.2.14). As partes baixas do município chegam a ficarem inundadas por dois dias, num frequência de menos de duas vezes a cada cinco anos.

Para elaborar um plano adequado de ocupação de espaço na cidade é necessário dispor de topografia da mesma. Como a cidade é muito plana o espaçamento adequado das curvas de níveis devem ser de 1 m. Além disso, é necessário obter as seções batimétricas do rio ao longo da cidade.



Foto 3.2.11 - Vista panorâmica da cidade de Armazém.



Foto 3.2.12 – Extração de areia no rio Capivarí

Localização em Coordenadas UTM: 696152 E, 6873351 N



Foto 3.2.13 – Região ribeirinha atingida por inundações do rio Capivarí
Localização em Coordenadas UTM: 694598 E, 6871701 N



Foto 3.2.14 – Córrego Sertão dos Corrêas
Localização em Coordenadas UTM: 694482 E, 6872289 N

c) Gravatal

O Município de Gravatal situa-se em relevo pouco acidentado, com altitudes que variam de 20 a 695 metros acima do nível do mar. Localiza-se na região central da bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar, distante 16,30 km de Tubarão e a 157 km de Florianópolis. Apresenta uma área de 194,0 km² e uma população total de 9.911 habitantes (IBGE, 2000).

O Município de Gravatal foi fundado por açorianos provenientes de Laguna, em 1842. Seu nome original, Porto de Gravatá, deve-se a uma planta parasita existente em abundância na região. Constituindo-se em ponto estratégico para as tropas que se dirigiam para o interior da bacia, Gravatal teve expressiva influência no processo de ocupação do vale do Rio Braço do Norte.

O adensamento urbano aconteceu ao longo dos vales e das fontes de águas termais. Essas, provenientes de profundas fissuras nas rochas, chegam a atingir temperaturas de 40° c que atraem turistas nacionais e internacionais.

O município tem no turismo a sua principal fonte de renda. Em função dessa atividade, desenvolveu uma infra-estrutura complexa. Além dos hotéis com águas termais, possui um expressivo parque industrial de confecções com significativo comércio varejista e atacadista. A área rural caracteriza-se pela cultura milho, mandioca, criação de gado leiteiro e de corte de onde provém grande parte da matéria-prima para os frigoríficos e as queijarias locais.

A figura 3.2.11 apresenta o mapa de localização do município e sua área urbana.

Localização em coordenadas UTM: entre 684680 e 702900 E e entre 6854208 e 68711200 N

Acesso: a partir de Tubarão pela SC 438, Rodovia Hercílio Zappellini (16,30 km).

Ano de Emancipação: 1961.

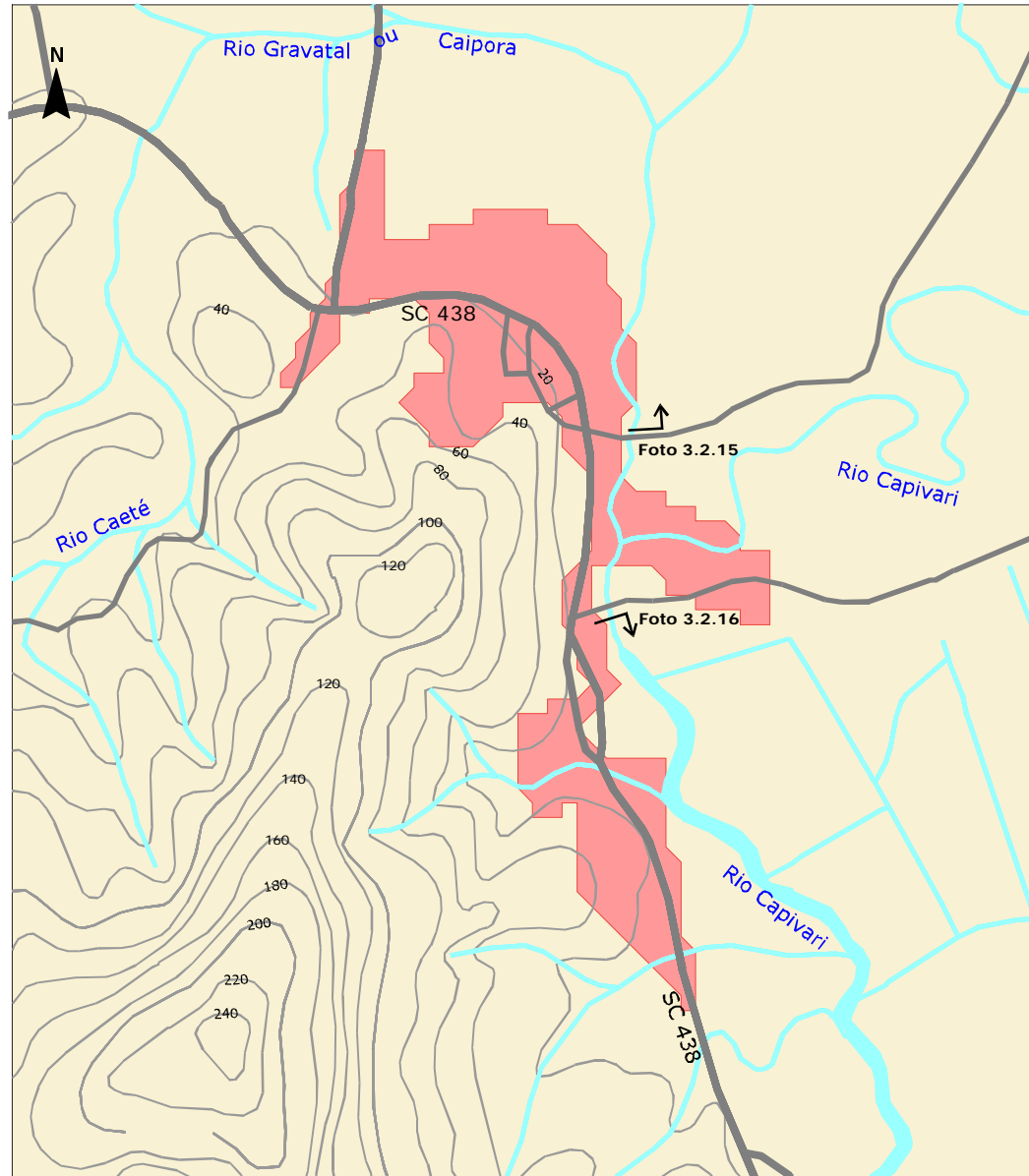
Ponto mais elevado: 695 metros a nordeste do município, na divisa com o Município de Imaruí.

Limites: ao Sul com Tubarão, ao Norte com Armazém, a Leste com Capivari de Baixo, a Oeste com São Ludgero, a Noroeste com Braço do Norte, e a Nordeste com Imaruí.

Rede Hidrográfica

Representada pelo rio Capivari. Os principais afluentes, no interior do município são: Rio Caeté, Rio do Angulo, rio Gravatá à margem direita e, rio das Batateiras, rio das Antas e rio Indaial de Cima, à margem direita.

O rio Capivarí apresenta uma bacia de aproximadamente 870 km² a jusante da área urbana desse município que não possui posto fluviométrico. Através da regionalização das vazões dos postos fluviométricos da bacia do rio Tubarão foi possível estimar a vazão média no rio Capivarí na altura do município de Gravatá em 23,6 m³/s o que corresponde a uma vazão específica de 27,1 l/s/km². A vazão mínima $Q_{7,10}$, também regionalizada, é de 3,6 m³/s.



escala 1:15000

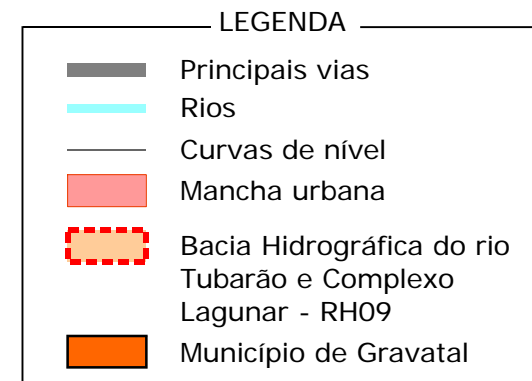
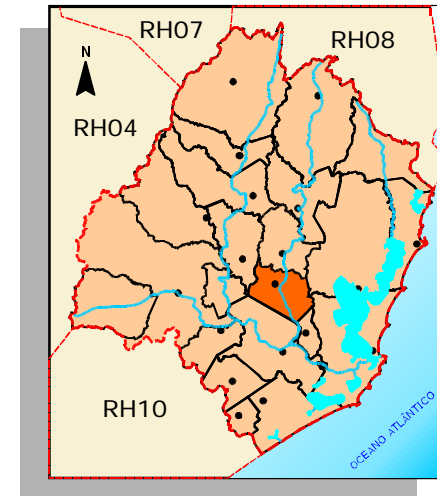


Figura 3.2.11 - Mapa de localização e área urbana do Município de Gravatal

Regime Pluviométrico

A região do município de Gravatal apresenta uma precipitação anual em torno de 1400 mm. O mês de fevereiro apresenta maior média de precipitação com 165 mm/mês e o mês de junho apresenta a menor, com 70 mm/mês.

As precipitações máximas anuais ocorrem com maior frequência nos meses de verão (dezembro a março), que são responsáveis por 74,2% das ocorrências dos máximos valores anuais de precipitação diária, sendo o mês de fevereiro o de maior incidência (31,5% de toda a série histórica de 45 anos).

As máximas precipitações diárias são: 73, 142 e 177 mm para os tempos de retorno de 2, 25 e 100 anos, respectivamente. Normalmente, as maiores precipitações na bacia do rio Capivarí ocorrem em sua cabeceira, no município de São Bonifácio e diminuem gradativamente ao longo da bacia. Por isso, as inundações no município de Gravatal são influenciadas pelas precipitações máximas ocorridas em São Bonifácio, cuja precipitação anual é de 1850 mm e a maior precipitação mensal (fevereiro) é de 230 mm, e demais municípios a montante de Gravatal (Armazém e São Martinho).

Inundações

As vazões máximas no rio Capivarí na altura do município de Gravatal são: 257, 592 e 758 m³/s para os tempos de retorno de 2, 25 e 100 anos, respectivamente. Vale ressaltar que estes valores foram obtidos com base na regionalização da curva de probabilidade de vazões máximas dos postos pluviométricos da região, devido a escassez de dados pluviométricos no município.

A cidade de Gravatal era conhecida com o nome de Porto, devido ao porto fluvial que existiu na cidade na época em que o rio Gravatá era navegável. Porém, nos últimos 20 anos, o rio Gravatá sofreu diversas modificações em seu canal (retificação) e em sua bacia hidrográfica (substituição da mata nativa por pastagem) que reduziram drasticamente sua vazão média. Porém, a bacia mantém a memória da planície de inundação, que é bastante extensa comparado com o canal principal atual do rio, como mostra a foto 3.2.15.

Quando ocorrem cheias simultaneamente nas bacias do rio Capivarí e do rio Tubarão, este último represa as águas do primeiro, cujo efeito de remanso pode ser verificado no município de Gravatal.

As planícies de inundação no município são ocupadas principalmente com pastagens, havendo poucas moradias. O crescimento urbano do município é muito pequeno, 0,21% ao ano, segundo o IBGE (1996).

A área urbana do município se desenvolveu paralelo ao rio Capivarí e seu afluente Gravatá. Há uma predominância de ocupação da margem direita dos curso d'água, como mostra a figura 3.2.11.



Foto 3.2.15 – Planície de inundação do rio Gravatá, em Gravatal

Localização em Coordenadas UTM: 693034 E, 6864582 N



Foto 3.2.16 – Planície de inundação do rio Capivari, em Gravatal
Localização em Coordenadas UTM: 694470 E, 6863492 N

d) Capivari de Baixo

O Município de Capivari de Baixo localiza-se a Sudeste da bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar, distante 7 km de Tubarão e 131 km de Florianópolis, em terrenos relativamente baixos, cujas altitudes variam entre 20 e 140 metros acima do nível do mar. Possui uma área de 46,9 km² e uma população de 18.559 habitantes (IBGE, 2000).

O povoamento do município iniciou-se no século XVIII, com o deslocamento de vicentistas e açorianos da colônia de Santo Antônio dos Anjos de Laguna. Até 1940, as terras, hoje pertencentes ao Município de Capivari, tinham uso predominantemente agrícola. Depois de 1945, em consequência do aquecimento da economia do carvão pela Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), o distrito de Capivari, sob a jurisdição de Tubarão, passa a apresentar aumento populacional considerável. Todavia, sua emancipação só ocorreu em 03 de outubro de 1993.

Hoje, a sede municipal de Capivari de Baixo localiza-se as margens da rodovia Salvador José Nunes. Dentre seus inúmeros problemas ambientais, destacam-se os decorrentes das externalidades negativas deixadas pelo lavador de carvão e pela usina termelétrica Jorge Lacerda. A figura 3.2.12 apresenta o mapa de localização do município e sua área urbana.

Localização em Coordenadas UTM: de 696890 a 704108 E e de 6845220 a 6858770 N

Acesso: a partir do trevo de acesso à Tubarão, pela BR 101 (5 km). Da entrada até a sede municipal, pela Rodovia Salvador José Nunes (2 km).

Ano de Emancipação: 1993.

Ponto Mais Elevado: 140 metros acima do nível do mar, no extremo norte do município, próximo à localidade de Ilhota Pequena.

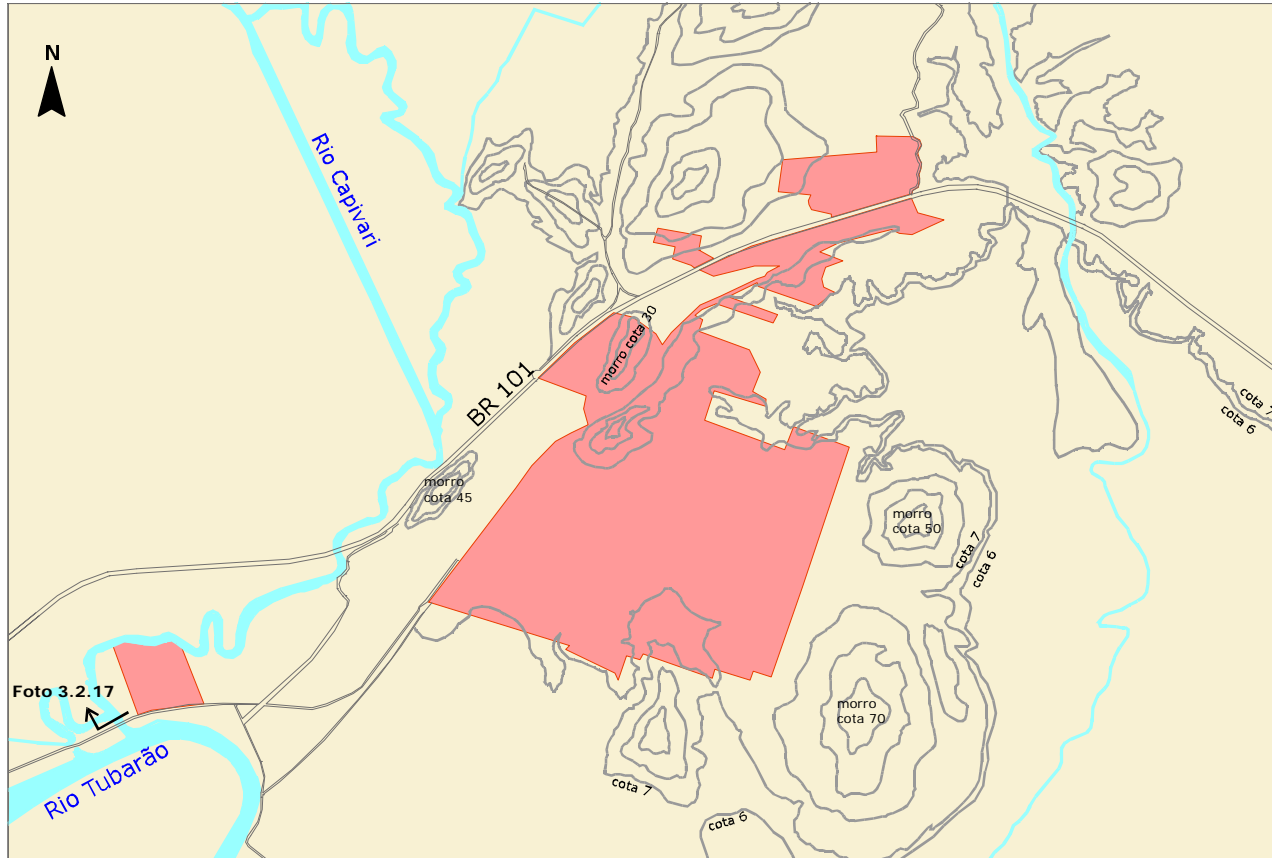
Limites: a Leste com o Município de Laguna, ao Sul e Oeste com o Município de Tubarão e ao Norte com o Município de Gravatal.

Rede Hidrográfica

Formada pelo rio Tubarão e seu afluente da margem esquerda, o Rio Capivari.

O rio Capivarí apresenta uma bacia de 1055 km² a jusante da área urbana, na ponte da BR 101 (ver Figura 3.2.12), onde se localizava um posto fluviométrico (84680000) da ANEEL. Neste ponto, o rio Capivarí apresenta vazão média de 28,5 m³/s o que corresponde a uma vazão específica de 27,0 l/s/km². A vazão mínima $Q_{7,10}$ é de 4,3 m³/s. Esses valores foram obtidos através da regionalização das vazões dos postos fluviométricos da bacia do rio Tubarão, devido a existência de poucos dados do posto 84680000.

O rio Tubarão apresenta uma bacia de 2900 km² próximo da confluência com o rio Capivarí, onde se localiza a tomada d'água do Complexo Termelétrico Jorge Lacerda (ver figura 3.2.12) e estava instalado um posto fluviométrico (84570000) da ANEEL. Neste ponto, o rio Tubarão apresenta vazão média de 77,1 m³/s o que corresponde a uma vazão específica de 26,6 l/s/km². A vazão mínima $Q_{7,10}$ é de 12,4 m³/s. Esses valores foram obtidos através da regionalização das vazões dos postos fluviométricos da bacia do rio Tubarão, devido a existência de poucos dados do posto 84570000.



escala 1:40000

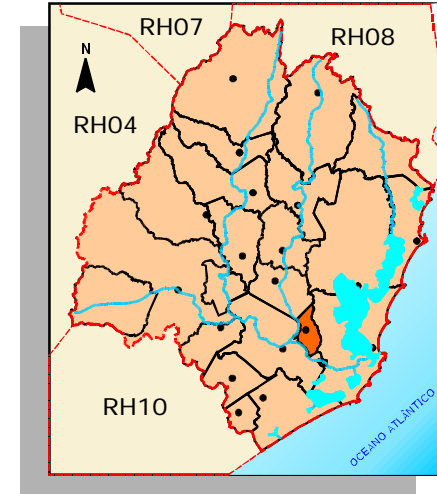


Figura 3.2.12 - Mapa de localização e área urbana do Município de Capivari de Baixo

Regime Pluviométrico

A região do município de Capivarí de Baixo apresenta uma precipitação anual em torno de 1400 mm. O mês de fevereiro apresenta maior média de precipitação com 165 mm/mês e o mês de junho apresenta a menor, com 70 mm/mês.

As precipitações máximas anuais ocorrem com maior frequência nos meses de verão (dezembro a março), que são responsáveis por 74,2% das ocorrências dos máximos valores anuais de precipitação diária, sendo o mês de fevereiro o de maior incidência (31,5% de toda a série histórica de 45 anos).

As máximas precipitações diárias são: 71, 138 e 171 mm para os tempos de retorno de 2, 25 e 100 anos, respectivamente. Normalmente, as maiores precipitações na bacia do rio Capivarí ocorrem em sua cabeceira, no município de São Bonifácio e diminuem gradativamente ao longo da bacia. Por isso, as inundações no município de Capivarí são influenciadas pelas precipitações máximas ocorridas em São Bonifácio, cuja precipitação anual é de 1850 mm e a maior precipitação mensal (fevereiro) é de 230 mm, e demais municípios a montante de Capivarí (Gravatal, Armazém e São Martinho).

Inundações

No município de Capivarí de Baixo observa-se o aterro de regiões alagadas (banhados) para construção de novos loteamentos. Não existe projetos de drenagem no município, o que ocasiona inundações das partes mais baixas da cidade

O curso d'água do rio Capivarí foi alterado nas imediações do município, através da retificação de seu leito, para o aproveitamento da planície de inundação (antigo banhado), como mostra a figura 3.2.12.

A área urbana do município se desenvolveu no lado esquerdo do rio Tubarão e seu afluente Capivarí, ficando grande parte da área urbana afastada dos cursos d'água, sendo a construção mais próxima o Complexo Termoelétrico Jorge Lacerda (figura 3.2.12), localizado na confluência do rio Capivarí com o rio Tubarão e inserido nas planícies de inundação dos dois cursos d'água. O núcleo urbano do município fica fora da planície de inundação dos cursos d'água, porém, devido a falha na drenagem urbana, existe o alagamento das partes baixas do município pelo represamento das águas pluviais. Esse tipo de enchente é agravada com a urbanização da região, que aumenta as áreas impermeáveis e a ocupação de áreas baixas e antigos banhados (alagados).

As vazões máximas no rio Capivarí em sua foz, próximo ao Complexo Termoelétrico Jorge Lacerda, são: 310, 714 e 914 m³/s para os tempos de retorno de 2, 25 e 100 anos, respectivamente. Vale ressaltar que estes valores foram obtidos com base na regionalização da curva de probabilidade de vazões máximas dos postos fluviométricos da região, devido a escassez de dados fluviométricos no município.



Foto 3.2.17 – Foz do rio Capivarí, em Capivarí de Baixo

Localização em Coordenadas UTM: 697553 E, 6849985 N

e) Grão Pará

O Município de Grão Pará, localizado na região noroeste da bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar, distante 45 km do centro de Tubarão e a 183 km de Florianópolis, possui relevo acidentado, cujas altitudes variam entre 70 e 1.550 metros acima do nível do mar. Apresenta uma área de 328,6 km² e uma população total de 5.814 habitantes (IBGE,2000).

As terras do município, no passado de propriedade da Princesa Isabel e de seu marido, o Conde D'Eu, foram loteadas e distribuídas, no início da década de oitenta do século passado, a colonos alemães, italianos e poloneses.

Desde o início de sua colonização até os dias atuais, a economia de Grão Pará esteve vinculada à atividade agropecuária, hoje principalmente ancorada na suinocultura e na cultura fumageira.

Sua emancipação deu-se em 1958. A sede municipal localiza-se , fundamentalmente, ao longo do rio Braço Esquerdo, afluente do rio Braço do Norte e ao longo da Rodovia Osvaldo Westphal (SC 439).

A figura 3.2.13 apresenta o mapa de localização do município e sua área urbana.

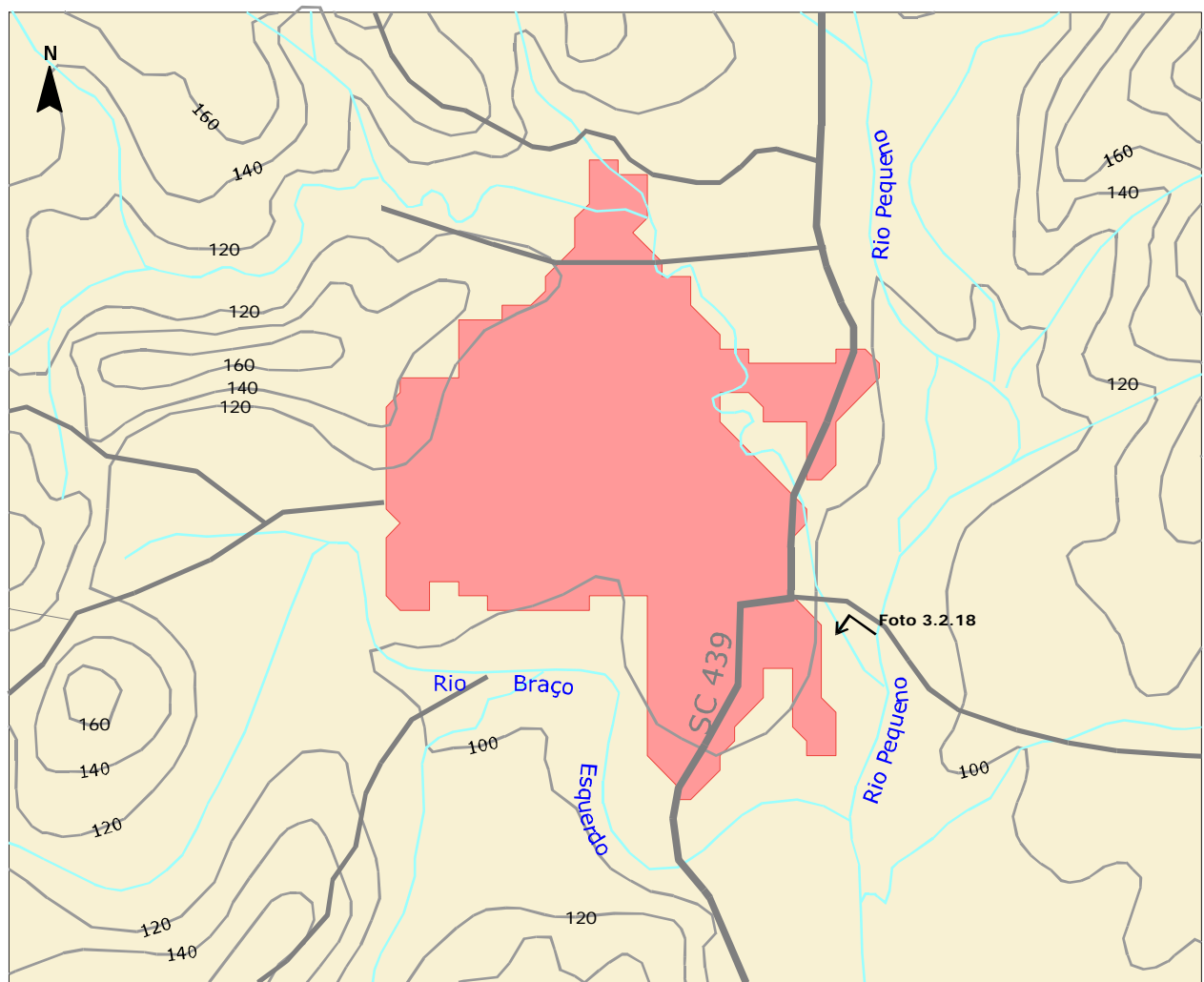
Localização em coordenadas UTM: de 653000 a 678990 E e de 6872180 a 6903880 N

Acesso: a partir de Tubarão, até Braço do Norte, pela SC 438 – Rodovia Hercílio Zappellini (33 Km). De Braço do Norte à sede do município, pela SC 439 – Rodovia Osvaldo Westphal (12 Km).

Ano de Emancipação: 1958.

Ponto mais elevado: 1.550 metros nos contra-fortes da Serra do Corvo Branco, na divisa com Urubici, a Oeste do município.

Limites: ao Sul e Leste com Braço do Norte, a Norte e Nordeste com o Município de Rio Fortuna e a Sudoeste com o Município de Orleans.



escala 1:15000

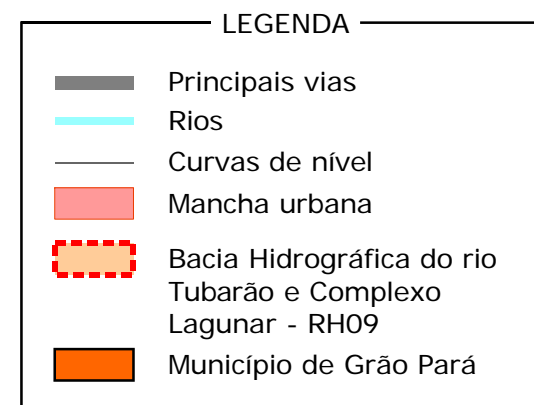
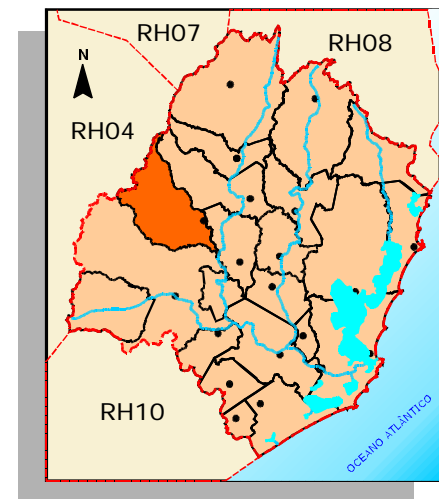


Figura 3.2.13 - Mapa de localização e área urbana do Município de Grão Pará

Rede Hidrográfica

Representada pelo rio Braço Esquerdo, que corta a cidade no sentido oeste/leste e é afluente do rio Pequeno que corta a cidade no sentido norte/sul e é afluente do rio Braço do Norte. Recebe, no interior do município, as águas dos rios do Meio, dos Porcos e rio Capivaras, todos na margem esquerda.

O rio Braço Esquerdo apresenta uma bacia de 151 km² próximo da área urbana (ver Figura 3.2.13), onde se localizava um posto fluviométrico (84541000) da ANEEL, desativado em 1967. Neste posto, o rio Braço Esquerdo apresenta vazão média de 4,9 m³/s o que corresponde a uma vazão específica de 32,3 l/s/km². A vazão mínima $Q_{7,10}$ é de 0,5 m³/s.

O rio Pequeno apresenta uma bacia de 379 km² próximo da área urbana (ver Figura 3.2.13), onde se localizava um posto fluviométrico (84551000) da ANEEL. Neste ponto, o rio Braço Esquerdo apresenta vazão média de 12,9 m³/s o que corresponde a uma vazão específica de 34,9 l/s/km². A vazão mínima $Q_{7,10}$ é de 1,0 m³/s.

Regime Pluviométrico

A região do município de Grão Pará apresenta uma precipitação anual em torno de 1600 mm. O mês de fevereiro apresenta maior média de precipitação com 195 mm/mês e o mês de junho apresenta a menor, com 66 mm/mês.

As precipitações máximas anuais ocorrem com maior frequência nos meses de verão (dezembro a março), que são responsáveis por 76,1% das ocorrências dos máximos valores anuais de precipitação diária, sendo o mês de fevereiro o de maior incidência (33,3% de toda a série histórica de 45 anos).

As máximas precipitações diárias são: 69, 122 e 149 mm para os tempos de retorno de 2, 25 e 100 anos, respectivamente.

Inundações

As inundações do rio Pequeno tem provocado a destruição total ou parcial das pontes existentes no município. Existe um conjunto habitacional e uma fábrica localizados na planície de inundação do rio (foto 3.2.18). O tempo de detenção da inundação é de menos de duas horas.

A área urbana do município de Grão Pará se desenvolveu entre o rio Braço Esquerdo e o rio Pequeno, a partir da confluência dos dois cursos d'água e seguindo na direção norte paralelo ao rio Pequeno e na direção oeste paralelo ao rio Braço Esquerdo. Parte da área urbana se encontra nas planícies de inundação dos referidos cursos d'água.

As vazões máximas no rio Braço Esquerdo no posto 84541000 são de: 47, 92 e 114 m³/s para os tempos de retorno de 2, 25 e 100 anos, respectivamente. As vazões máximas no rio Pequeno no posto 84551000 são de: 120, 319 e 418 m³/s para os tempos de retorno de 2, 25 e 100 anos, respectivamente.



Foto 3.2.18 – Conjunto residencial na planície de inundação do Rio Pequeno, em Grão Pará

Localização em Coordenadas UTM: 675724 E, 6880869 N

f) Braço do Norte

O Município de Braço do Norte, localizado na região central da Bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar, distante 33 km de Tubarão e 171 km de Florianópolis, está situado em relevo relativamente acidentado, com altitudes que variam entre 60 e 650 metros acima do nível do mar. Apresenta uma área de 193,9 Km² e população total de 24.771 habitantes (IBGE, 2000).

O processo de colonização do município iniciou-se em 1862, por famílias procedentes da antiga Desterro (hoje Florianópolis). Em 1870, chegaram à localidade as primeiras famílias de alemães, quando a atividade agropecuária passou a desenvolver-se. Hoje, Braço do Norte o núcleo urbano está adensado ao longo do rio Braço do Norte e da SC 438 (Rodovia Hercílio Zappellini).

Hoje, as principais indústrias localizadas na região são do ramo de molduras, bebidas (Água da Serra) e alimentos, das quais o município retira parte significativa de sua renda. Entretanto, a principal fonte de renda provém das atividades agropecuárias, representadas principalmente pela suinocultura, cultura do milho, mandioca e olericultura. A figura 3.2.14 apresenta o mapa de localização do município e sua área urbana.

Localização em coordenadas UTM: de 674250 a 693700 E e de 6862008 a 6885720 N.

Acesso: a partir de Tubarão, pela SC 438 (Rodovia Hercílio Zappellini), 33 Km.

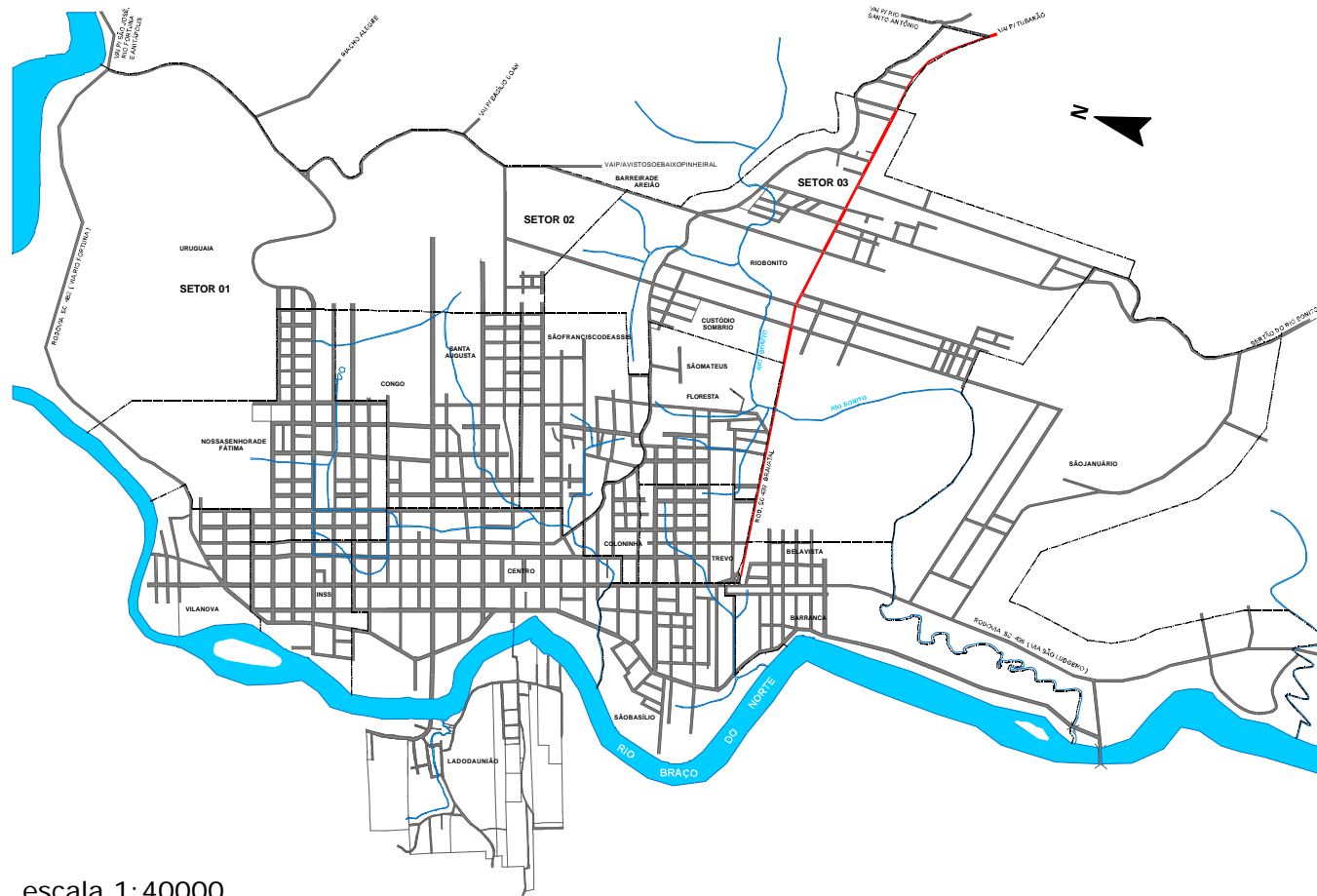
Ano de Emancipação: 1955.

Ponto mais elevado: 650 metros, na divisa com o Município de Armazém.

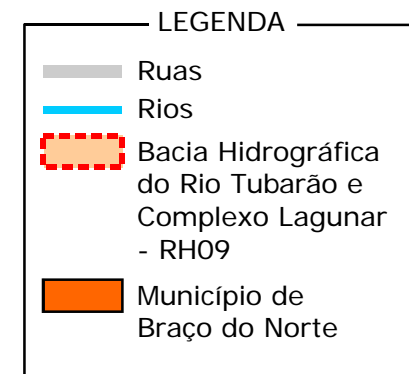
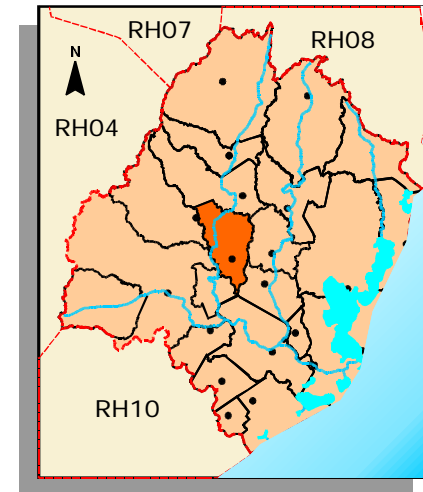
Limites: a Leste com Armazém, a Sudeste com Gravatal, ao Sul com São Ludgero, a Noroeste com Orleans, ao Oeste com Grão Pará e ao Norte com Rio Fortuna.

Rede Hidrográfica

Representada pelo rio Braço do Norte. Principais afluentes: rio Pequeno, na divisa com o Município de Grão Pará, e rio Amélia, na margem esquerda; rio Coruja, na margem direita.



escala 1:40000



* Base cartográfica fornecida pela Prefeitura de Braço do Norte

Figura 3.2.14 - Mapa de localização e área urbana do Município de Braço do Norte

O rio Braço do Norte apresenta uma bacia de 1515 km² próximo da área urbana, onde se localiza um posto fluviométrico (84559800) da ANEEL. Neste ponto, o rio Braço Esquerdo apresenta vazão média de 39,6 m³/s o que corresponde a uma vazão específica de 26,1 l/s/km². A vazão mínima $Q_{7,10}$ é de 6,5 m³/s.

Regime Pluviométrico

A região do município de Braço do Norte apresenta uma precipitação anual em torno de 1400 mm. O mês de fevereiro apresenta maior média de precipitação com 180 mm/mês e o mês de junho apresenta a menor, com 70 mm/mês.

As precipitações máximas anuais ocorrem com maior frequência nos meses de verão (dezembro a março), que são responsáveis por 67,2% das ocorrências dos máximos valores anuais de precipitação diária, sendo o mês de fevereiro o de maior incidência (27,3% de toda a série histórica de 45 anos).

As máximas precipitações diárias são: 73, 142 e 177 mm para os tempos de retorno de 2, 25 e 100 anos, respectivamente. Normalmente, as maiores precipitações na bacia do rio Braço do Norte ocorrem em sua cabeceira, no município de Anitápolis e diminuem gradativamente ao longo da bacia. Por isso, as inundações no município de Braço do Norte são influenciadas pelas precipitações máximas ocorridas em Anitápolis, cuja precipitação anual é na ordem de 2000 mm e a maior precipitação mensal (fevereiro) é de 237 mm.

Inundações

O rio Braço do Norte possui uma bacia hidrográfica com grande área de drenagem (1515 km²). Os rios deste porte possuem dois leitos principais. O leito menor onde ocorre o escoamento na maioria do tempo e o leito maior onde o mesmo escoamento ocorre nos períodos de inundações. Cada ano, de acordo com as condições pluviométricas ocorridas, pode produzir inundações de diferentes magnitudes e, portanto, inundar o leito maior até um determinado nível. Nos períodos chuvosos a tendência é de que o rio, em cota mais alta, represe os afluentes com baixas velocidades fazendo com que seu escoamento penetre no rio Braço do Norte somente quando os níveis de água forem maiores que o do rio, dessa forma inundando pela combinação do escoamento dos riachos e do próprio rio.

A área urbana do município de Braço do Norte se desenvolveu ao longo da margem esquerda do rio Braço do Norte (figura 3.2.14). Parte da área urbana se encontra na planície de inundação do curso d'água.

Os principais problemas de inundação no município ocorrem devido ao represamento dos afluentes pelo rio Braço do Norte, ocasionando alagamento da área urbana ribeirinha aos afluentes. Esse tipo de enchente é agravada com a urbanização da região, que aumenta as áreas impermeáveis e a ocupação das áreas ribeirinhas.

As vazões máximas no rio Braço do Norte no posto 84559800 são de: 441, 1015 e 1299 m³/s para os tempos de retorno de 2, 25 e 100 anos, respectivamente. Vale ressaltar que estes valores foram obtidos com base na regionalização da curva de probabilidade de vazões máximas dos postos fluviométricos da região, devido a escassez de dados fluviométricos no município.



Foto 3.2.19 – Rio Braço do Norte, em Braço do Norte

Localização em Coordenadas UTM: 679198 E, 6870724 N

g) São Ludgero

O Município de São Ludgero, localizado na região centro sul da bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar, distante 40 km de Tubarão e a 178 km de Florianópolis, está situado em terreno acidentado, com altitudes que variam entre 45 e 520 metros acima do nível do mar. Apresenta uma área de 120,0 km² e uma população total de 8.586 habitantes (IBGE,2000).

São Ludgero foi colonizado por imigrantes do Westphalia, Alemanha, a partir de 1875. Esses, com tradição culta e religiosa, ergueram uma escola e uma igreja tendo como Padroeiro São Ludgero, que emprestou o nome à cidade. Em 1962 deu início a sua independência política, com terras desmembradas de Braço do Norte e Orleans.

As indústrias mais significativas do município são as de plásticos (INCOPLAST, COPOBRÁS), molduras e madeiras. Estas últimas, em número de 04, obtêm matéria-prima fundamentalmente do norte do país (região amazônica). Além da atividade industrial, outra importante fonte de renda do município provém da atividade de suinocultura, cultura fumageira e produtos hortifrutigranjeiros.

A figura 3.2.15 apresenta o mapa de localização do município e sua área urbana.

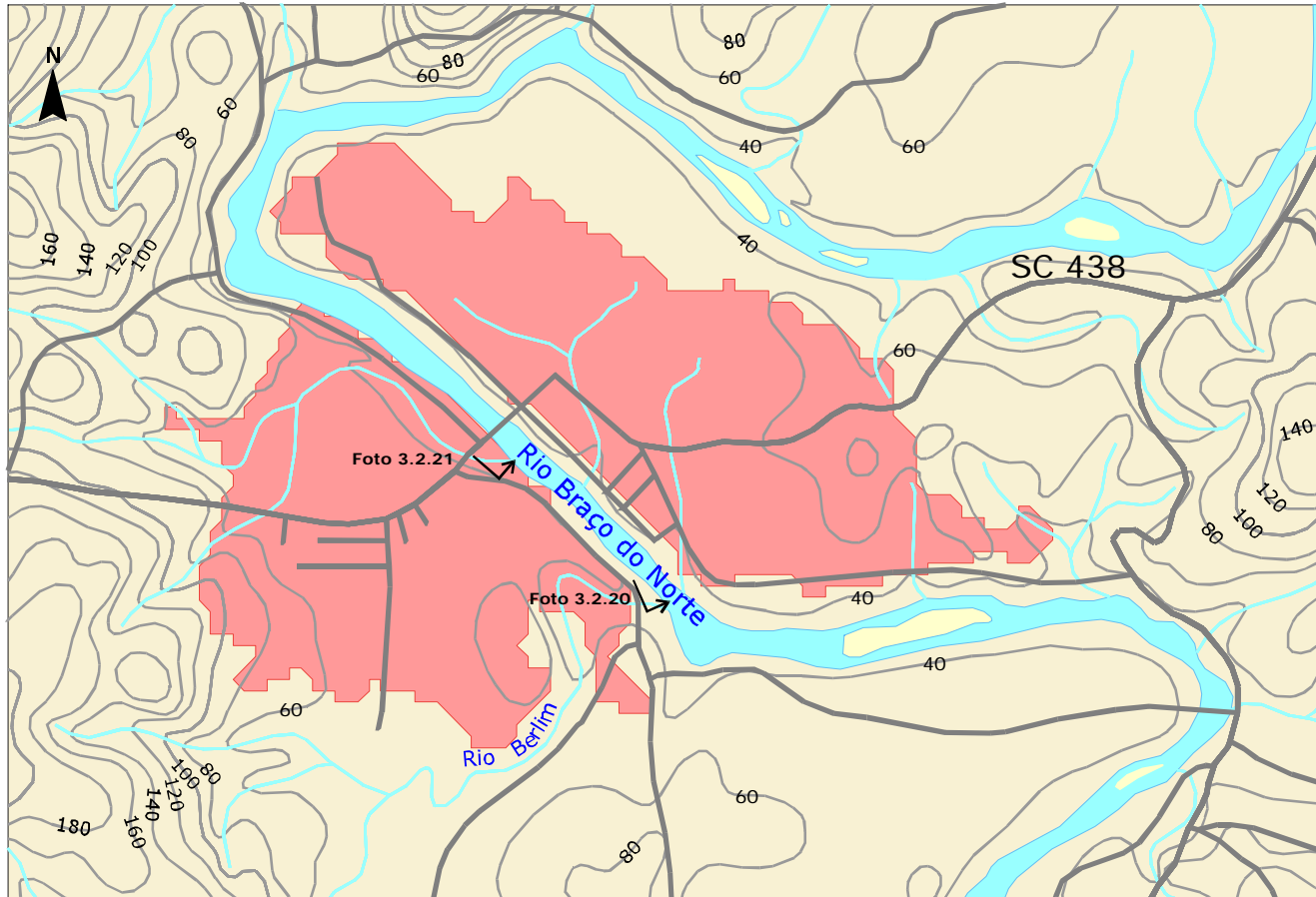
Localização em coordenadas UTM: entre 678000 e 686080 E e entre 6855850 e 666350 N

Acesso: a partir de Tubarão pela SC 438 até Braço do Norte - Rodovia Hercílio Zappellini (33Km). De Braço do Norte até a sede, pela SC 438 – Rodovia Daniel Bruning (07 Km).

Ano de Emancipação: 1962.

Ponto mais elevado: 520 metros na divisa com o Município de Braço do Norte.

Limites: a sudeste com o Município de Tubarão; ao Leste com Gravatal; a Nordeste com Braço do Norte, a Sudoeste e a Oeste com Orleans e ao Sul com Pedras Grandes.



escala 1:20000

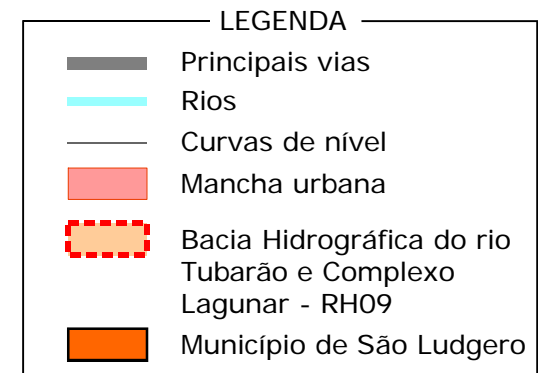
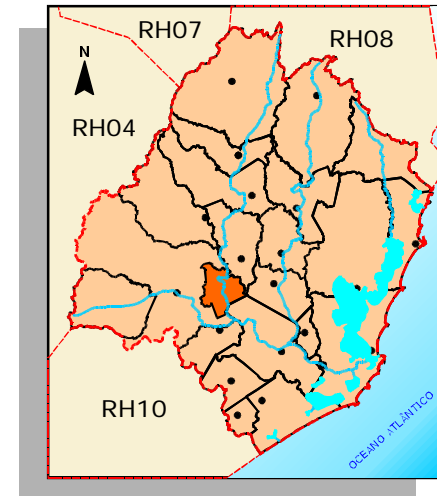


Figura 3.2.15 - Mapa de localização e área urbana do Município de São Ludgero

Rede Hidrográfica

Representada pelo rio Braço do Norte que faz divisa com o Município de Orleans a oeste. Principais afluentes: rio Pinheiros, das Furnas e Bom Retiro, todos na margem direita.

O rio Braço do Norte apresenta uma bacia de 1692 km² próximo da área urbana, onde se localiza um posto fluviométrico (8460000) da ANEEL. Neste ponto, o rio Braço Esquerdo apresenta vazão média de 45,2 m³/s o que corresponde a uma vazão específica de 26,7 l/s/km². A vazão mínima $Q_{7,10}$ é de 7,1 m³/s.

Regime Pluviométrico

A região do município de São Ludgero apresenta uma precipitação anual em torno de 1450 mm. O mês de fevereiro apresenta maior média de precipitação com 180 mm/mês e o mês de junho apresenta a menor, com 70 mm/mês.

As precipitações máximas anuais ocorrem com maior frequência nos meses de verão (dezembro a março), que são responsáveis por 67,2% das ocorrências dos máximos valores anuais de precipitação diária, sendo o mês de fevereiro o de maior incidência (27,3% de toda a série histórica de 45 anos).

As máximas precipitações diárias são: 73, 142 e 177 mm para os tempos de retorno de 2, 25 e 100 anos, respectivamente. Normalmente, as maiores precipitações na bacia do rio Braço do Norte ocorrem em sua cabeceira, no município de Anitápolis e diminuem gradativamente ao longo da bacia. Por isso, as inundações no município de São Ludgero são influenciadas pelas precipitações máximas ocorridas em Anitápolis, cuja precipitação anual é na ordem de 2000 mm e a maior precipitação mensal (fevereiro) é de 237 mm.

Inundações

O rio Braço do Norte possui uma bacia hidrográfica com grande área de drenagem (1692 km²). Os rios deste porte possuem dois leitos principais. O leito menor onde ocorre o escoamento na maioria do tempo e o leito maior onde o mesmo escoamento ocorre nos períodos de inundações. Cada ano, de acordo com as condições pluviométricas ocorridas, pode produzir inundações de diferentes magnitudes e, portanto, inundar o leito maior até um determinado nível.

Nos períodos chuvosos a tendência é de que o rio, em cota mais alta, represe os afluentes com baixas velocidades fazendo com que seu escoamento penetre no rio Braço do Norte somente quando os níveis de água forem maiores que o do rio, dessa forma inundando pela combinação do escoamento dos riachos e do próprio rio.

A área urbana do município se desenvolveu ao longo do rio Braço do Norte, ocupando sua planície de inundação. Parte da área urbana está localizada num meandro do rio, que contorna a região, com exceção da direção leste, onde existe uma elevação (figura 3.12.15).

No município os cursos d'água que provocam inundações são: Córrego Berlim, rio Cachoeira e o rio Braço do Norte. O córrego Berlim (foto 3.2.20) inunda com maior frequência devido ao represamento de suas águas pelo rio Braço do Norte. A intensidade e a frequência dessas cheias tem aumentado por causa do crescimento urbano e, conseqüentemente, impermeabilização de sua bacia hidrográfica. A frequência de inundação devido ao rio Braço do Norte é pequena, atingido a parte mais baixa do parque industrial do município (foto 3.2.21).



Foto 3.2.20 – Córrego Berlim, em São Ludgero

Localização em Coordenadas UTM: 678977 E, 6864751 N



Foto 3.2.21 – Parque industrial em São Ludgero, rio Braço do Norte

Localização em Coordenadas UTM: 678282 E, 6865512 N

As vazões máximas no rio Braço do Norte no posto 84600000 são de: 477, 1454 e 1938 m³/s para os tempos de retorno de 2, 25 e 100 anos, respectivamente.

h) Treze de Maio

O Município de Treze de Maio, localizado na região sul da bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar, distante 12 Km do centro de Tubarão e a 150 Km de Florianópolis, está situado em relevo pouco acidentado. As altitudes variam entre 10 e 505 metros acima do nível do mar. Apresenta uma área de 179,7 km² e uma população total de 6.716 habitantes (IBGE, 2000).

Colonizado por imigrantes açorianos e italianos apresenta, do ponto de vista da sua toponímia, uma longa história.

Chamado inicialmente de Quadro, recebeu na seqüência de seu processo evolutivo, as seguintes denominações: Presidente Rocha, Núcleo Treze de Maio (em homenagem à assinatura da Lei Áurea que deu-se nessa data), Vila Treze de Maio e finalmente, Treze de Maio. Foi elevado à categoria de Município em 1961, com desmembramento das terras de Tubarão.

A sede de Treze de Maio localiza-se ao longo da SC 431 e do rio Salto ou Caipora.

A economia industrial é representada pelas fecularias e fábrica de bebidas (Caninha Treze de Maio). Todavia, a maior fonte de renda municipal provém da agricultura, onde se sobressaem as culturas de fumo e mandioca.

A figura 3.2.16 apresenta o mapa de localização do município e sua área urbana.

Localização em coordenadas UTM: entre 673380 e 693620 E e entre 6831670 e 6846940 N

Acesso: a partir de Tubarão pela Br 101(12 Km), até o trevo de acesso. Do trevo até a sede pela SC 441(12 Km).

Ano de Emancipação: 1961.

Ponto mais elevado: 505 metros, a oeste do município, na divisa com Pedras Grandes.

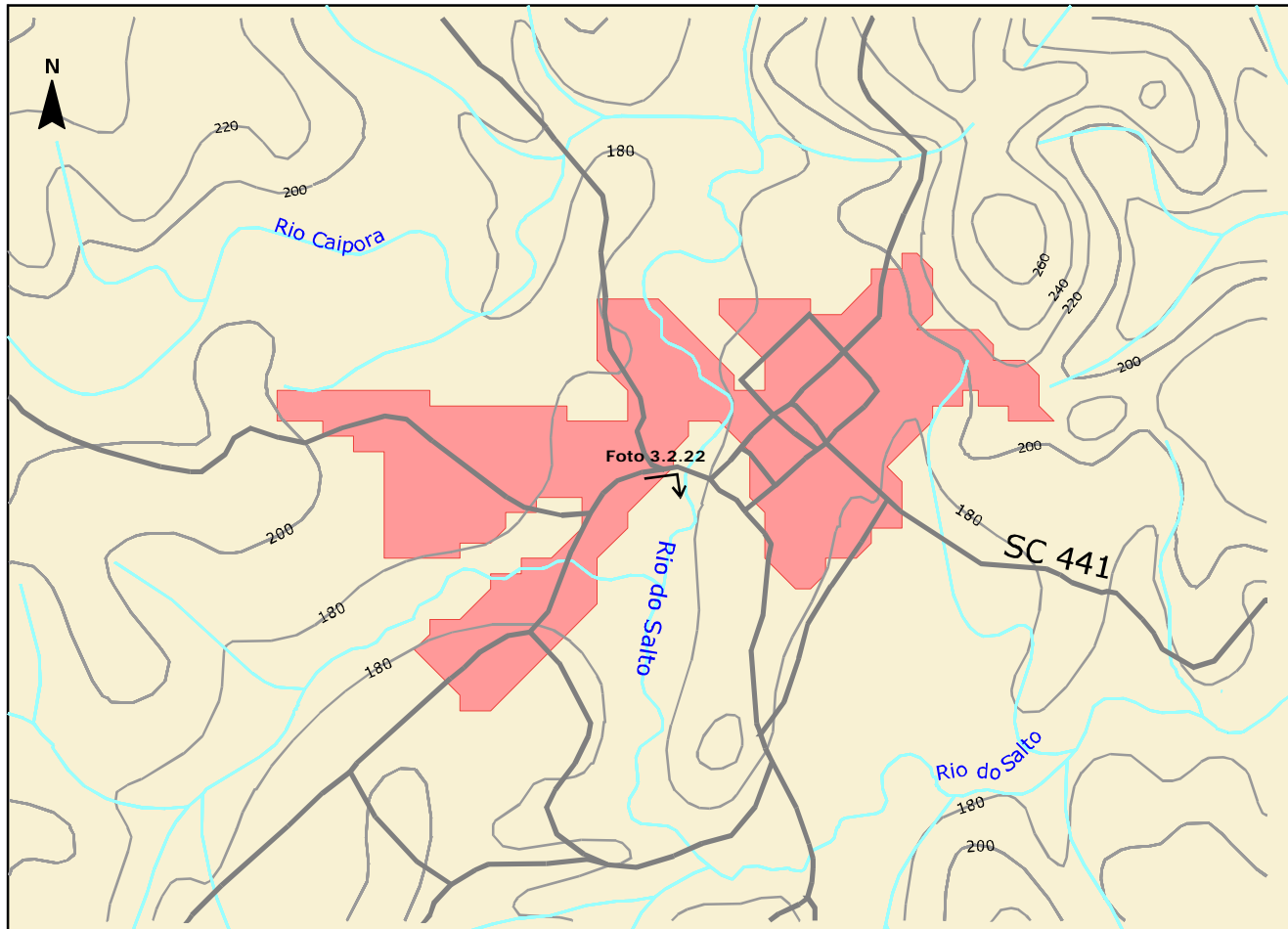
Limites: a Sudoeste com Morro da Fumaça e Jaguaruna, ao Sul com Sangão, a Leste, Nordeste e Norte com Tubarão e a Oeste com Pedras Grandes.

Rede Hidrográfica

Representada pelos rios do Salto (ou Caipora), Urussanga, dos Corrêas, Vargeado, Coruja e Perdona (figura 3.12.16). Não existem dados fluviométricos sobre o estes cursos d'água.

Regime Pluviométrico

A região do município de Braço do Norte apresenta uma precipitação anual em torno de 1500 mm. O mês de fevereiro apresenta maior média de precipitação com 205 mm/mês e o mês de junho apresenta a menor, com 77 mm/mês.



escala 1:15000

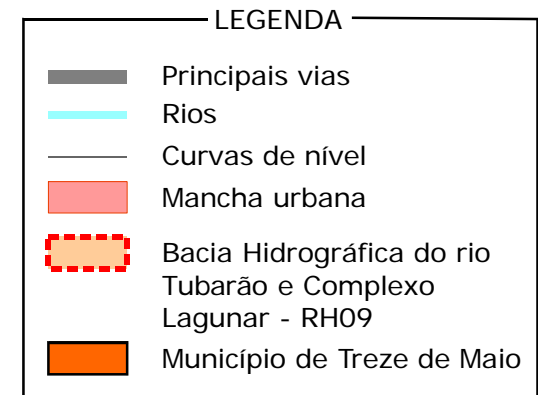
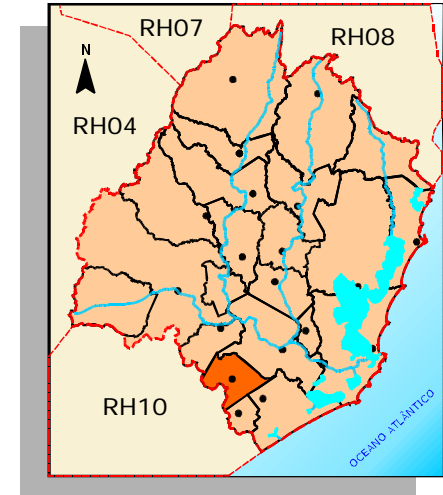


Figura 3.2.16 - Mapa de localização e área urbana do Município de Treze de Maio

As precipitações máximas anuais ocorrem com maior frequência nos meses de verão (dezembro a março), que são responsáveis por 67,2% das ocorrências dos máximos valores anuais de precipitação diária, sendo o mês de fevereiro o de maior incidência (27,3% de toda a série histórica de 45 anos).

As máximas precipitações diárias são: 78, 151 e 187 mm para os tempos de retorno de 2, 25 e 100 anos, respectivamente.

Inundações

No município só existe memória da cheia de 1974, que atingiu toda a bacia hidrográfica do rio Tubarão, sendo as cheias subsequentes de magnitude bem inferior, que provocaram poucos prejuízos. A foto 3.2.22 apresenta a planície de inundação do rio do Salto, que é ocupada, principalmente, com pastagem.

A área urbana do município se desenvolveu nos dois lados do rio do Salto, nas regiões mais altas, acima da planície de inundação do curso d'água.



Foto 3.2.22 – Planície de inundação do rio do Salto, em Treze de Maio

Localização em Coordenadas UTM: 681111 E, 6839521 N

i) Tubarão

O Município de Tubarão localiza-se na região centro sul da bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar, distante 138 km de Florianópolis. Está situado em terreno plano com altitudes variando entre 2 e 569 metros acima do nível do mar. Apresenta uma área de 283,6 km² e uma população total de 89.338 habitantes (IBGE,2000).

O topônimo Tubarão deriva do cacique da tribo dos carijós – Tub-nharô.

As principais indústrias são do ramo moveleiro, têxtil, cerâmico, madeireiro, mecânico, dentre outras.

A figura 3.2.17 apresenta o mapa de localização do município e sua área urbana.

Localização em coordenadas UTM: de 677380 a 705098 E e de 6835958 a 6861005 N

Acesso: pela BR 101.

Ano de Emancipação: 1871.

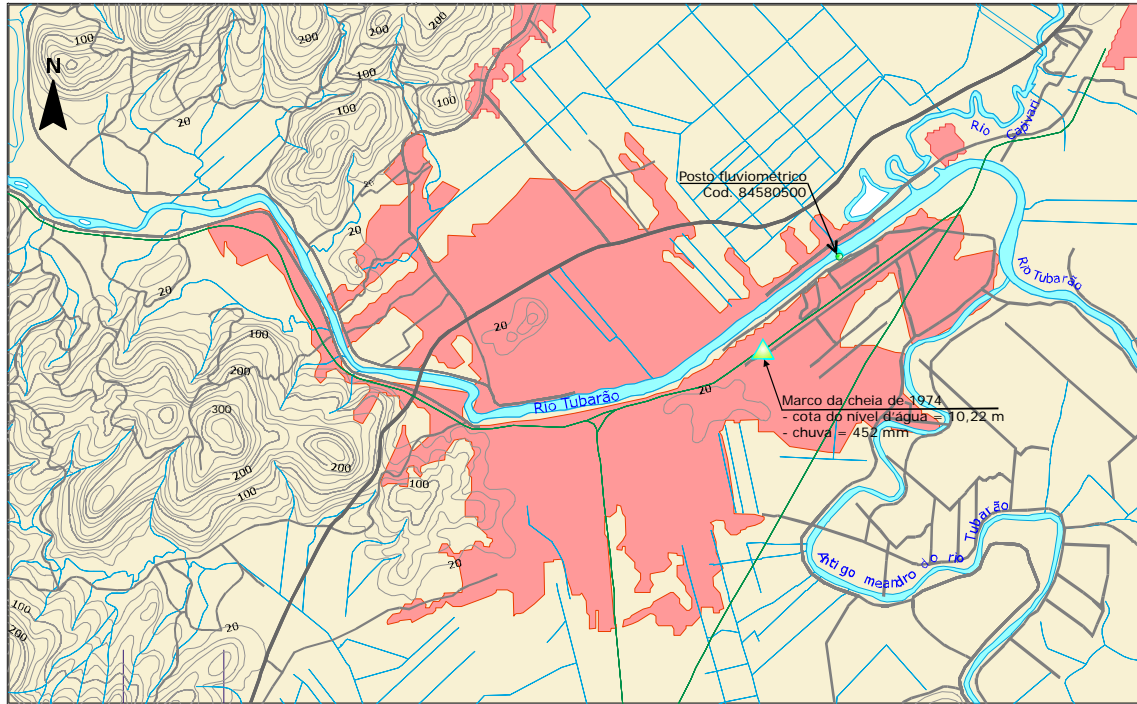
Ponto mais elevado: 569 m, localizado a oeste do município, na localidade Alto Pedrinhas, próximo à divisa com o Município de Pedras Grandes.

Limites: ao Sul com Jaguaruna, a Sudoeste com Treze de Maio, a Oeste com Pedras Grandes, a Noroeste com São Ludgero, ao Norte com Gravatal, a Leste com Capivari de Baixo e a Sudeste com Laguna.

Bacia Hidrográfica

Representada pelo rio Tubarão, tendo como afluentes o rio Capivari, rio Caruru, rio do Pouso, rio Sanga da Areia e o rio Pedrinhas.

O rio Capivari apresenta uma bacia de 1055 km² próximo a confluência com o rio Tubarão, na ponte da BR 101 (ver figura 3.2.17), onde se localizava um posto fluviométrico (84680000) da ANEEL. Neste ponto, o rio Capivari apresenta vazão média de 28,5 m³/s o que corresponde a uma vazão específica de 27,0 l/s/km².



escala 1:75.000

Obs.: na prancha 3.2.5 é apresentado o mapa de risco de cheias para a área urbana do Município de Tubarão na escala 1:10 000.

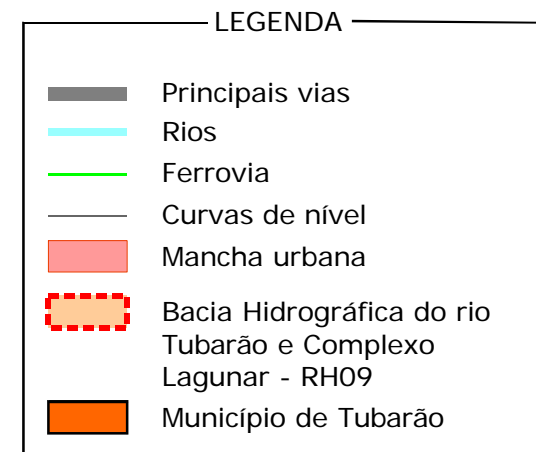
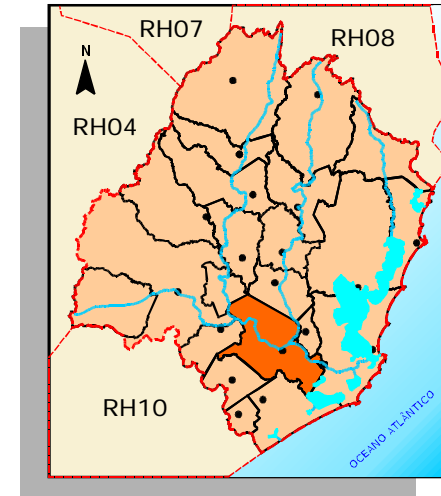


Figura 3.2.17 - Mapa de localização e área urbana do município de Tubarão

A vazão mínima $Q_{7,10}$ no rio Capivarí é de 4,3 m³/s. Esses valores foram obtidos através da regionalização das vazões dos postos fluviométricos da bacia do rio Tubarão, devido a existência de poucos dados do posto 84680000.

O rio Tubarão apresenta uma bacia de 2900 km² próximo da confluência com o rio Capivarí, no limite com o município de Capivarí de Baixo (ver Figura 3.2.17) e estava instalado um posto fluviométrico (84570000) da ANEEL. Neste ponto, o rio Tubarão apresenta vazão média de 77,1 m³/s o que corresponde a uma vazão específica de 26,6 l/s/km². A vazão mínima $Q_{7,10}$ é de 12,4 m³/s. Esses valores foram obtidos através da regionalização das vazões dos postos fluviométricos da bacia do rio Tubarão, devido a existência de poucos dados do posto 84570000.

Nesse diagnóstico, foi considerado o posto fluviométrico 84580500, porque este se encontra dentro da área urbana do município (figura 3.2.17) e recentemente, num estudo do Núcleo de Estudos da Água / UFSC (2000), teve seus dados consistidos. O rio Tubarão apresenta uma bacia de 2842 km² no posto 84580500 da ANEEL. Neste ponto, o rio Tubarão apresentou vazão média de 110 m³/s no período de 1991 a 1994. Nesse período, o mês de fevereiro foi o de maior média mensal, com 417 m³/s e o mês de agosto o de menor média, com 48 m³/s.

Regime Pluviométrico

A região do município de Tubarão apresenta uma precipitação anual em torno de 1400 mm. O mês de fevereiro apresenta maior média de precipitação com 165 mm/mês e o mês de junho apresenta a menor, com 70 mm/mês.

As precipitações máximas anuais ocorrem com maior frequência nos meses de verão (dezembro a março), que são responsáveis por 74,2% das ocorrências dos máximos valores anuais de precipitação diária, sendo o mês de fevereiro o de maior incidência (31,5% de toda a série histórica de 45 anos).

As máximas precipitações diárias são: 71, 138 e 171 mm para os tempos de retorno de 2, 25 e 100 anos, respectivamente. Normalmente, as maiores precipitações na bacia do rio Tubarão ocorrem em sua cabeceira, no município de Lauro Müller e nas cabeceiras dos rios Braço do Norte e Capivarí, diminuindo gradativamente ao longo das bacias.

Por isso, as inundações no município de Tubarão são influenciadas pelas precipitações máximas ocorridas em Anitápolis (Bacia do rio Braço do Norte), cuja precipitação anual é na ordem de 2000 mm e a maior precipitação mensal (fevereiro) é de 237 mm, pelas precipitações máximas ocorridas em São Bonifácio (bacia do rio Capivari), cuja precipitação anual é de 1850 mm e a maior precipitação mensal (fevereiro) é de 230 mm, e , pelas precipitações máximas ocorridas em Lauro Müller, cuja precipitação anual é de 1600 mm e a maior precipitação mensal (fevereiro) é de 245 mm.

Inundações

O município de Tubarão foi drasticamente marcado pela cheia de 1974, que atingiu toda a bacia hidrográfica do rio Tubarão, sendo as cheias subseqüentes de magnitude bem inferior, que provocaram poucos prejuízos.

A cheia de 1974 teve seu ponto mais crítico no dia 24 de março, um domingo, que provocou o alagamento de 90% da área urbana da época, onde o nível d'água atingiu a cota de 10,22 m, na parte central do município (figura 3.2.17), deixando uma lâmina d'água de mais de 2 m em grande parte da área urbana.

Os jornais da época (Jornal de Santa Catarina) noticiaram que o número de mortos foi entre 1000 e 1500, com mais de 50 mil desabrigados, correspondente a 705 da população do município na época (70 mil habitantes). De 2,5 a 3 mil casa foram destruídas. Parte da população (30 mil) resolveu abandonar o município com medo de outra cheia.

A cheia foi provocada por chuvas intensas em toda a região da bacia do rio Tubarão, desde a semana anterior (17/03), sendo que no dia 22/03 as zonas ribeirinhas começaram a inundar. A prefeitura, começou então o trabalho de desobstrução do curso d'água, com a limpeza do material retido nas pontes.

Porém, quando se imaginava que o pior tinha passado, no domingo 24/03, chuvas intensas somadas com a maré alta e a obstrução da Barra do Camacho, provocaram a destruição do município em apenas 3 h. Uma dimensão do prejuízo causado pela cheia pode ser inferido do que mostram as fotos 3.2.23 a 3.2.28, obtidas no arquivo histórico da cidade, mantido pela Prefeitura Municipal de Tubarão.



Foto 3.2.23 - Enchente de 1974 em Tubarão, Bairro São João, margem direita
FONTE: Arquivo Público e Histórico de Tubarão



Foto 3.2.24 - Enchente de 1974 em Tubarão, Conjunto Habitacional Carlos Gomes
FONTE: Arquivo Público e Histórico de Tubarão



Foto 3.2.25 – Enchente de 1974 em Tubarão
FONTE: Arquivo Público e Histórico de Tubarão



Foto 3.2.26 – Enchente de 1974 em Tubarão – Ponte Nereu Ramos
FONTE: Arquivo Público e Histórico de Tubarão



Foto 3.2.27 – Enchente de 1974 em Tubarão
FONTE: Arquivo Público e Histórico de Tubarão



Foto 3.2.28 – Enchente de 1974 em Tubarão
FONTE: Nosso Jornal 05/04/75

Após a cheia de 1974, o rio Tubarão foi retificado e dragado. A retificação, realizada pelo extinto DNOS - Departamento Nacional de Obras e Saneamento - se deu no trecho do rio desde montante da área urbana de Tubarão até a foz na Lagoa de Santo Antônio. A jusante do município de Tubarão, abaixo da confluência com o rio Capivarí, o rio Tubarão formava um meandro sinuoso (figura 3.2.17) que favorecia o represamento das águas e a inundação na região a montante. Esse meandro foi reduzido depois da retificação, porém a bacia mantém a memória da antiga planície de inundação, que voltará a ser inundada toda vez que a água extravasar a calha principal do rio.

Além da dragagem e retificação, uma série de obras estruturais haviam sido previstas após a cheia de 1974, tais como barramentos de amortecimento, nos rio Capivari (altura de São Martinho), no rio Braço do Norte e no rio Tubarão (altura de Pedras Grandes). Neste caso, o alto custo da implantação destas obras, bem como a polêmica relacionada a sua eficiência técnica, fizeram com que nunca fossem iniciadas. Os estudos se restringiram a escolha de áreas favoráveis a instalação dos reservatórios.

Quanto a intervenções recentes, foi realizada pelo DEOH - Departamento de Edificações e Obras Hidráulicas / Secretaria de Estado de Transportes e Obras de SC - uma nova dragagem do rio Tubarão num trecho próximo a foz na Lagoa de Santo Antônio. A obra ocorreu no período de janeiro de 1998 a junho de 1998. Foram dragados 312.500 m³, sendo o local de despejo do material dragado, a margem direita do rio.



Foto 3.2.29 – Rio Tubarão hoje, à montante da ponte da BR 101, em Tubarão
Localização em Coordenadas UTM: 692452 E, 6847982 N



Foto 3.2.30 – Margem esquerda do Rio Tubarão à montante da ponte da BR 101, em Tubarão
Localização em Coordenadas UTM: 692452 E, 6847982 N



Foto 3.2.31 – Ponte Orlando Francallaci, em Tubarão, onde se localiza o posto fluviométrico 84580500
Localização em Coordenadas UTM: 694952 E, 6847959 N



Foto 3.2.32 – Retenção de galhos e entulhos à montante da ponte Orlando Francallaci, em Tubarão

Localização em Coordenadas UTM: 695258 E, 6848075 N



Foto 3.2.33 – Vista do Complexo Termoelétrico Jorge Lacerda à jusante da ponte Orlando Francallaci, em Tubarão

Localização em Coordenadas UTM: 695258 E, 6848075 N

A área urbana do município de Tubarão se desenvolveu ao longo do rio Tubarão, ocupando sua planície de inundação (figura 3.2.17). A parte alta do município se localiza no lado oeste da área urbana, porém a maior parte da área urbana se localiza em regiões baixas (cotas inferiores a 8 m) susceptíveis a inundação quando há extravasamento da calha do rio Tubarão.

No município existem dois tipos de inundações que podem ocorrer simultaneamente ou em separado:

- i) inundações ribeirinhas: causadas pelas enchentes do rio Tubarão, que dependem de uma bacia muito grande (mais de 3.000 km²);
- ii) enchentes urbanas: que acontecem nos riachos urbanos quando a cidade recebe precipitações de grande intensidade. O aumento de áreas impermeáveis pode aumentar o pico destas enchentes em até 7 vezes, em relação ao que aconteceria nas condições de pré-urbanização. Associada à drenagem urbana, ainda ocorre uma carga de poluição devido à lavagem das ruas e ao transporte de material sólido depositado na drenagem.

As vazões máximas no rio Capivari em sua foz são: 310, 714 e 914 m³/s para os tempos de retorno de 2, 25 e 100 anos, respectivamente. Vale ressaltar que estes valores foram obtidos com base na regionalização da curva de probabilidade de vazões máximas dos postos fluviométricos da região, devido a escassez de dados fluviométricos no município.

Para o cálculo das vazões máximas do rio Tubarão, foi necessário estender a série de vazões máximas do posto 84580500, pois esta é de apenas 8 anos não consecutivos. Para tanto, foram utilizadas as séries de vazões máximas dos postos 84580000 (à montante do município, no rio Tubarão) e 84600000 (no rio Capivari). Estes são os postos mais próximos com séries longas de dados (mais de 50 anos). Para a extensão da série do posto 84580500 foi utilizado uma regressão múltipla interativa com os postos 84580000 e 84600000. Em seguida foi construído a curva de probabilidades da vazões máximas dos postos, como ilustra o gráfico 3.2.6, cujos valores estão no quadro 3.2.13.

No ajuste das curvas de probabilidade foi utilizado uma distribuição de Gumbel e a posição de plotagem dos valores observados de Gringorten. Pelo gráfico 3.2.6 verificamos que a curva de probabilidade de vazões máximas no posto 84580500 é superior as demais e se adapta bem aos valores observados.

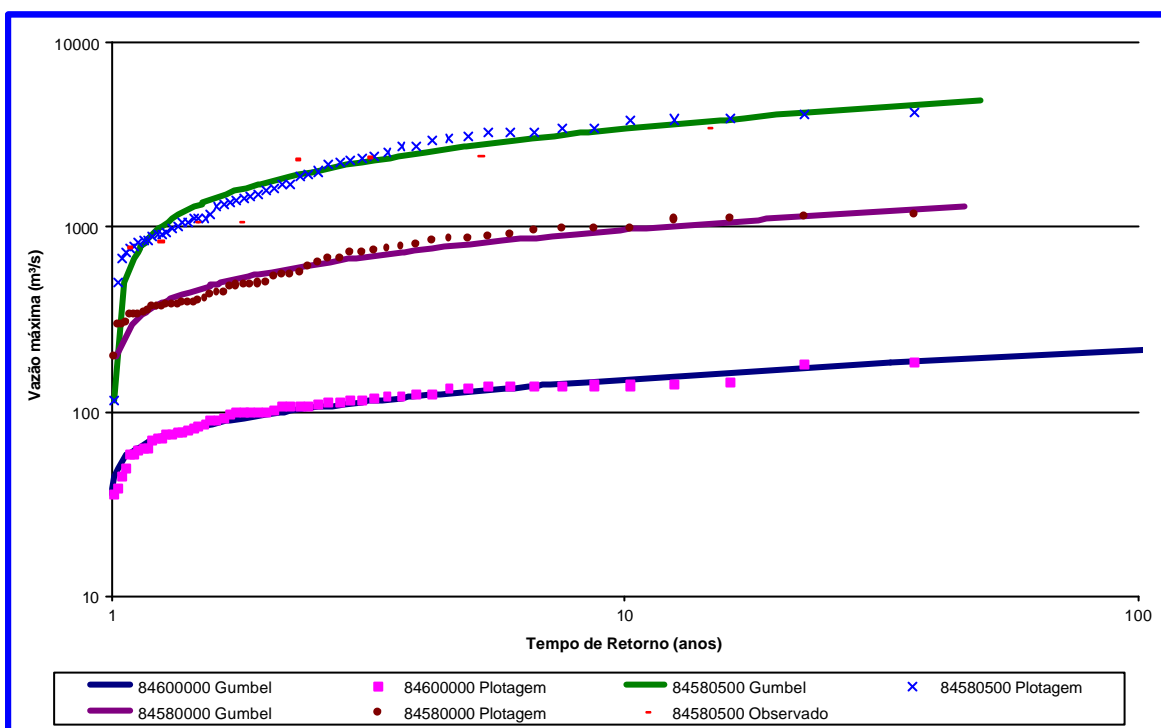


Gráfico 3.2.6 – Curvas de probabilidade de vazões máximas nos postos 84580000, 84580500 e 84600000

Quadro 3.2.13 – Vazões máximas instantâneas (m³/s)

Tr (anos)	84600000	84580500	84580000
1.1	62	655	302
2	97	1756	567
2.33	103	1944	613
5	129	2761	810
10	150	3427	971
25	177	4268	1174
50	197	4892	1324
100	217	5511	1474

No quadro 3.2.13 verificamos que a vazão média de cheia do posto 84580500 é elevada (1944 m³/s, correspondente a um Tr = 2,33 anos). O gráfico 3.2.7 apresenta a regionalização das vazões médias de cheia dos postos fluviométricos existentes na bacia do rio Tubarão, onde se comprova que a vazão média de cheia do posto 84580500 está acima da tendência da região.

Há uma insuficiência de dados para a elaboração de um mapa de inundação com precisão, pois não existe no município uma planimetria atualizada e precisa da área urbana, sendo a única existente a realizada em 1979. Grande parte da área urbana se encontra em cotas baixas (menor que 8 m), porém construções antrópicas, como aterros para construção de vias pavimentadas que podem barrar a inundação quando esta extravasa a calha principal do rio.

Contudo, para retratar a realidade crítica que o município se encontra em relação a inundações foi feito um mapa de inundações do município, usando como base o levantamento topográfico de 1979, como mostra a prancha 3.2.5 (ver anexo cartográfico).

O mapa de inundação fornece as prováveis áreas alagáveis para cheias com tempo de retorno de 5, 25 e 100 anos. Para registro e comparação, também foi delimitado uma estimativa da área inundada pela cheia de 1974, tomando como referência a marca histórica de 10,22 m (aferida em duas marcas existentes em Tubarão). Não é mostrada no mapa o tempo de retorno de 2 anos porque nesta recorrência, a inundação se restringe ao canal do rio.

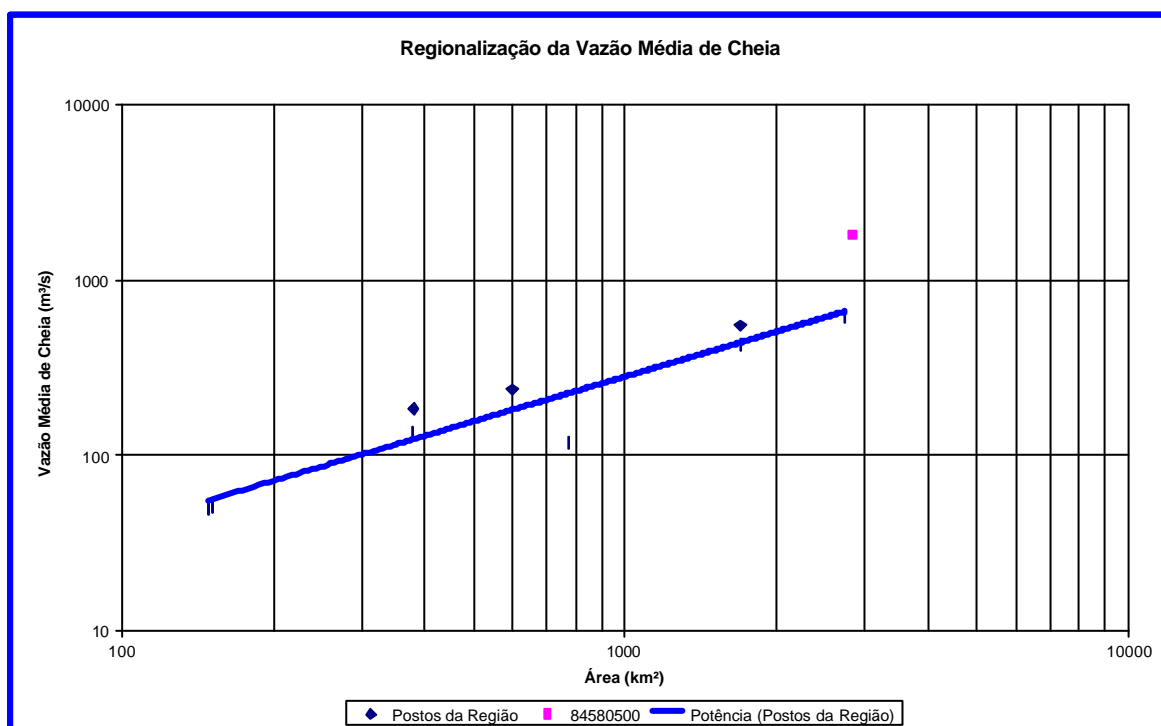


Gráfico 3.2.7 – Regionalização das vazões médias de cheia

O mapa de inundação mostra que, para um tempo de retorno de 5 anos, as áreas urbanas inundáveis pelo rio Tubarão são pequenas, porém para tempo de retorno maiores, ocorre o extravasamento da calha principal, o que provoca a inundação de grandes áreas, devido a ocupação da planície de inundação do rio Tubarão pela população do município, que apresenta cotas menores que 5 m.

Essas áreas serão limitadas por construções antrópicas, como vias principais, pois a região é naturalmente alagável, o que é comprovado pelo aumento das áreas de cultivo de arroz no município, cuja inundação periódica favorece o plantio dessa cultura.

A cheia com tempo de retorno de 5 anos inunda aproximadamente 6% da área urbana, passando esse valor para 14% para a cheia de 25 anos e 51% para a de 100 anos. Esses valores, apesar de serem uma aproximação, refletem a vulnerabilidade do município para cheias de maior magnitude.

A cheia de 1974 provocou a inundação de 90% da área urbana, ficando apenas as elevações no oeste do município livre das águas. Essa cheia teve tempo de recorrência maior que cem anos, mas devido a falta de estudos hidrológicos sobre esta cheia, como a estimativa da vazão e volume d'água durante a cheia, e a falta de séries longas de vazões não é possível obter o valor exato do tempo de recorrência.

O mapa de inundação apresentada foi elaborado com uma série de simplificações, sendo necessário para seu aprimoramento:

- Atualização do levantamento topográfico (1979) e ocupação da área urbana;
- Levantamento de marcas históricas (cotas) de enchentes ocorridas nas últimas décadas em vários pontos do município;
- Batimetria das seções transversais do rio Tubarão ao longo do município, pelo menos a cada 500 m;
- Levantamento planimétrico das pontes sobre o rio Tubarão existentes no município e simulação da influência desses obstáculos no escoamento fluvial.

Vale ressaltar que o mapa de inundação apresentado tem apenas a intenção de apresentar a suscetibilidade da região à inundações, principalmente às de tempo de retorno superior a 5 anos.

j) Conclusão

O quadro 3.2.14 apresenta um resumo dos problemas diagnosticados nos municípios da região e seus principais impactos nas cheias. Os municípios de São Martinho, Armazém, Gravatal e Capivarí de Baixo são susceptíveis a cheias do rio Capivarí, sendo que o município de Gravatal é atingido pelas cheias do rio Gravatá afluente do Capivarí que sofre efeito de remanso do barramento das águas do rio Capivarí pelas águas do rio Tubarão.

O município de Grão Pará é afetado pelas inundações dos rios Pequeno e Braço Esquerdo. Os municípios de Braços do Norte e São Ludgero estão sobre influência das águas do rio Braço do Norte. O município de Treze de Maio apresenta poucas áreas urbanas afetadas por inundações, sendo estes provocadas principalmente pelo rio do Salto.

De todos os municípios analisados, o de Tubarão é o que apresenta situação mais crítica, pela sua localização no leito maior do rio Tubarão, num ponto onde a área da bacia hidrográfica é grande (aproximadamente 2900 km²), próximo à confluência com o rio Capivarí (área aproximada de 1050 km²).

Quadro 3.2.14 - Resumo dos problemas e principais impactos

Problema	Causa	Impactos
Drenagem urbana	Urbanização sem controle	<ul style="list-style-type: none">• Aumento das vazões de cheia;• Aumento da frequência de inundação;• Redução do espaço dos riachos urbanos;• Redução do nível de qualidade da água;• Represamento do escoamento devido aos rio de maior porte.
Inundação ribeirinha	Ocupação de área de risco pela população	<ul style="list-style-type: none">• Prejuízos materiais e humanos durante as inundações;• Aumento da ocupação da área de inundação nos anos de pequenas cheias e grandes prejuízos posteriores.

Para o município de Tubarão é necessário que se elabore um sistema de previsão em tempo real de cheias, através da implantação de postos fluviométricos telemétricos equipados com linígrafos ao longo do rio Tubarão e seus principais afluentes: rio Braço do Norte e o rio Capivarí. Um sistema de previsão em tempo real, aliado a um mapa de inundações detalhado (com cotas de todas as quadras), tornará possível alertar a população com antecedência de algumas horas qual a região que será inundada, possibilitando assim, sua remoção em tempo hábil para evitar perdas de vidas humanas.

Além disso, um zoneamento da área urbana de forma a regular o uso do solo, se faz necessário para evitar que áreas com alto risco de inundação tenham ocupações que promovam grandes prejuízos com a inundação, tanto materiais (como indústrias) ou de vidas humanas (com residência e hospitais).

3.2.2.4 Medidas de Controle

Uma série de medidas de controle podem ser adotadas para a prevenção dos problemas advindos de enchentes urbanas. A seguir são apresentadas algumas destas medidas. O enfoque dado diz respeito a duas situações claras que agravam o problema das enchentes, quais sejam: (i) *áreas ribeirinhas* porque todos os municípios que sofrem com enchentes na bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar ocupam as planícies de inundação de importantes cursos d'água; (ii) *drenagem urbana* (os sistemas de drenagem urbana são precários ou simplesmente inexistem em praticamente toda a bacia

a) Áreas Ribeirinhas

As medidas de controle de inundações ribeirinhas são classificadas em:

Estruturais: quando o homem modifica o rio. Estas medidas envolvem construção de barragens, diques, canalizações, reflorestamento, entre outros;

Não-estruturais: quando o homem convive com o rio. Estas medidas envolvem o zoneamento de áreas de inundações associado ao Plano Diretor Urbano, previsão de cheia, seguro de inundação, entre outros

As medidas estruturais são obras de engenharia implementadas para reduzir o risco das enchentes. Estas medidas podem ser extensivas ou intensivas. As medidas extensivas são aquelas que agem na bacia, procurando modificar as relações entre precipitação e vazão, como a alteração da cobertura vegetal do solo, que reduz e retarda os picos de enchentes e controla a erosão da bacia.

As medidas intensivas são aquelas que agem no rio e podem ser de três tipos: (i) aceleram o escoamento: construção de diques e polders, aumento da capacidade de descarga dos rios e corte de meandros; (ii) retardam o escoamento: Reservatórios e as bacias de amortecimento; (iii) desvio do escoamento: são obras como canais e desvios.

As medidas estruturais não são projetadas para dar uma proteção completa. Isto exigiria a proteção contra a maior enchente possível. Esta proteção é fisicamente e economicamente inviável na maioria das situações. A medida estrutural pode criar uma falsa sensação de segurança, permitindo a ampliação da ocupação das áreas inundáveis, que futuramente podem resultar em danos significativos.

As medidas não-estruturais, em conjunto com as anteriores, ou sem estas, podem minimizar significativamente os prejuízos, com um custo menor. O custo de proteção de uma área inundada por medidas estruturais geralmente é superior ao de medidas não-estruturais. *As principais medidas não-estruturais são as seguintes:*

- instalação de vedação temporária ou permanente nas aberturas das estruturas (residências);
- elevação de estruturas existentes;
- construção de novas estruturas sob pilotis;
- construção de pequenas paredes ou diques circundando a estrutura;
- relocação ou proteção de artigos que possam ser danificados dentro de uma estrutura existente;
- uso de material resistente à água;
- regulamentação da ocupação da área de inundação por cercamento;
- regulamentação do loteamento e código de construção;
- compra de áreas de inundação;
- levantamento topográfico em escala 1:10.000 das cartas topográficas dos municípios que sofrem enchentes.

Esta medida refere-se ao levantamento topográfico detalhado das áreas de risco com o tempo de retorno menor ou igual a 100 anos. No caso de Tubarão, como a enchente de 1974 teve tempo de retorno maior de 100 anos, a área de levantamento deve ser ampliada. O levantamento detalhado engloba a determinação de curvas de nível com espaçamento de 0,5 m ou 1,0 m. Além da topografia do terreno, é importante o levantamento detalhado das obstruções ao escoamento, como pilares e encostos de pontes, estradas com taludes, edifícios etc. No caso do objetivo ser a obtenção de um mapa de zoneamento de áreas de inundação (tal qual o mapa mostrado na prancha 3.2.5 para a cidade de Tubarão), devem ser levantadas seções transversais do rio e deve ser obtida a declividade da linha d'água.

- seguro de inundação;

- previsão de cheia e plano de evacuação.

Para efetuar a previsão de cheia a curto prazo são necessários sistemas de coleta e transmissão de dados e metodologia estimativa. Os sistemas são utilizados para transmitir os dados de precipitação, nível e vazão, durante a ocorrência do evento. A previsão de cheia em tempo real ou tempo atual, depende fundamentalmente da implantação e operação de uma rede telemétrica apurada, bem distribuída e localizada. Neste caso, a rede de monitoramento hidrométrica existente atualmente na bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar, não serve ao objetivo de previsão de cheias em tempo real. Verificando o prejuízo associado a uma cheia de 25 anos, para o município de Tubarão, por exemplo (mapa da prancha 3.2.5), comprova-se a importância da previsão de cheia. Além disso, com um sistema de previsão de cheia em tempo real um plano de evacuação torna-se muito mais efetivo.

- incentivos fiscais para uso prudente da área de inundação;
- política de desenvolvimento adequada ao município, evitando prejuízos da inundação.

A solução ideal deve ser definida para cada caso em função das características do rio, do benefício da redução das enchentes e dos aspectos sociais de seu impacto. Certamente, para cada situação, medidas estruturais e não-estruturais podem ser combinadas para uma melhor solução. De qualquer forma, o processo de controle inicia pela regulamentação do uso do solo urbano, através de um Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU) que contemple as enchentes. Isto não existe na bacia Hidrográfica do Rio Tubarão e Complexo Lagunar.

A maior parte dos municípios que sofrem com enchentes na bacia, não tem sequer Plano Diretor. Já no caso do município de Tubarão, o PDDU existente não apresenta qualquer preocupação com a suscetibilidade do município ser atingido por enchentes. O PDDU de Tubarão prevê máxima ocupação da área urbana no entorno do rio Tubarão, classificando as zonas de ocupação nas margens como: *residencial 1, 2 ou 3 e comercial*.

b) Drenagem urbana

As medidas de controle do escoamento podem ser classificadas, de acordo com sua ação na bacia hidrográfica, em:

- **Distribuída ou na fonte:** é o tipo de controle que atua sobre o lote, praças e passeios;

- **Na microdrenagem:** é o controle que age sobre o hidrograma resultante de um ou mais loteamentos;
- **Na macrodrenagem:** é o controle sobre os principais riachos urbanos.

As medidas de controle podem ser organizadas, de acordo com a sua ação sobre o hidrograma em cada uma das partes das bacias mencionadas acima, em:

- **infiltração e percolação:** normalmente, cria espaço para que a água tenha maior infiltração e percolação no solo, utilizando o armazenamento e o fluxo subterrâneo para retardar o escoamento superficial;
- **armazenamento:** através de reservatórios, que podem ser de tamanho adequado para uso numa residência (1-3 m³) até terem porte para a macrodrenagem urbana (alguns milhares de m³). O efeito do reservatório urbano é o de reter parte do volume do escoamento superficial, reduzindo o pico e distribuindo a vazão no tempo;
- **aumento da eficiência do escoamento:** através de condutos e canais, drenando áreas inundadas. Esse tipo de solução tende a transferir enchentes de uma área para outra, mas pode ser benéfico quando utilizado em conjunto com reservatórios de detenção;
- **diques e estações de bombeamento:** solução tradicional de controle localizado de enchentes em áreas urbanas que não possuam espaço para amortecimento da inundaçãõ.

Medidas de controle distribuído

As principais medidas de controle localizado no lote, estacionamento, parques e passeios são denominadas, normalmente, de controle na fonte (source control). As principais medidas são as seguintes:

- aumento de áreas de infiltração e percolação; e
- armazenamento temporário em reservatórios residenciais ou telhados.

Infiltração e percolação: Os sistemas urbanos, como mencionado anteriormente, criam superfícies impermeáveis que não existiam na bacia hidrográfica, gerando impactos de aumento do escoamento, que é transportado através de condutos e canais. Estes dispositivos hidráulicos apresentam custos diretamente relacionados com a vazão máxima, aumentada pela impermeabilização.

Para reduzir estes custos e minimizar os impactos a jusante, uma das ações é a de permitir maior infiltração da precipitação, criando condições o mais próximo possível às condições naturais.

As vantagens e desvantagens dos dispositivos que permitem maior infiltração e percolação são as seguintes (Urbonas e Stahre, 1993):

- aumento da recarga; redução de ocupação em áreas com lençol freático baixo; preservação da vegetação natural; redução da poluição transportada para os rios; redução das vazões máximas à jusante; redução do tamanho dos condutos;
- os solos de algumas áreas podem ficar impermeáveis com o tempo; falta de manutenção; aumento do nível do lençol freático, atingindo construções em subsolo.

Os principais dispositivos para criar maior infiltração são discutidos a seguir:

Planos de infiltração: existem vários tipos, de acordo com a sua disposição local. Em geral, estas áreas são gramados laterais, que recebem a precipitação de áreas impermeáveis, como residências ou edifícios. Durante precipitações intensas, estas áreas podem ficar submersas, se a sua capacidade for muito inferior à intensidade da precipitação.

Caso a drenagem transporte muito material fino, a capacidade de infiltração pode ser reduzida com o tempo, necessitando limpeza periódica do plano para manter sua capacidade de funcionamento.

Valos de infiltração: estes são dispositivos de drenagem lateral, muitas vezes utilizados paralelos às ruas, estradas, estacionamentos e conjuntos habitacionais, entre outros. Estes valos concentram o fluxo das áreas adjacentes e criam condições para uma infiltração ao longo do seu comprimento. Após uma precipitação intensa, o nível sobe e, como a infiltração é mais lenta, mantém-se com água durante algum tempo. Portanto, o seu volume deve ser o suficiente para não ocorrer alagamento. Este dispositivo funciona, na realidade, como um reservatório de detenção, à medida que a drenagem que escoar para o valo é superior à capacidade de infiltração.

Nos períodos com pouca precipitação ou de estiagem, ele é mantido seco. Este dispositivo permite, também, a redução da quantidade de poluição transportada a jusante.

Pavimentos permeáveis: o pavimento permeável pode ser utilizado em passeios, estacionamentos, quadras esportivas e ruas de pouco tráfego. Em ruas de grande tráfego, este pavimento pode ser deformado e entupido, tornando-se impermeável.

Este tipo de pavimento pode ser de concreto ou de asfalto e é construído da mesma forma que os pavimentos tradicionais, com a diferença que o material fino é retirado da mistura. Além destas superfícies tradicionais, existem os pavimentos construídos com módulos de blocos de concretos vazados.

Armazenamento: o armazenamento pode ser efetuado em telhados, em pequenos reservatórios residenciais, em estacionamentos em áreas esportivas, entre outros.

Telhados: o armazenamento em telhados apresenta algumas dificuldades, que são a manutenção e o reforço das estruturas. Devido as características de clima brasileiro e ao tipo de material usualmente utilizado nas coberturas, esse tipo de controle dificilmente seria aplicável à nossa realidade.

Lotes urbanos: o armazenamento no lote pode ser utilizado para amortecer o escoamento, em conjunto com outros usos, como abastecimento de água, irrigação de grama e lavagem de superfícies ou de automóveis. Para o lote padrão mínimo das cidades brasileiras, que é 300 m², observa-se que é necessário, em média 1,54 m³ de volume de detenção para um tempo de retorno de 2 anos, variando, para 67% dos casos entre 1,31 e 1,87 m³. A vazão específica para este tamanho de lote é de 5,15 l/m², podendo chegar a 6,66 l/m² para lotes de 600 m².

Medidas de Controle no Loteamento

A medida de controle de escoamento na microdrenagem tradicionalmente utilizada consiste em drenar a área desenvolvida, através de condutos pluviais, até um coletor principal ou riacho urbano. Esse tipo de solução acaba transferindo para jusante o aumento do escoamento superficial com maior velocidade, já que o tempo de deslocamento do escoamento é menor que nas condições preexistentes. Desta forma, acaba provocando inundações nos troncos principais ou na macrodrenagem.

Como foi apresentado anteriormente, a impermeabilização e a canalização produzem aumento na vazão máxima e no volume de escoamento superficial. Para que este acréscimo de vazão máxima não seja transferido a jusante, utiliza-se o amortecimento do volume gerado, através de dispositivos como: tanques, lagos e pequenos reservatórios abertos ou enterrados, entre outros. Estas medidas são denominadas de controle a jusante (downstream control).

O objetivo das bacias ou reservatórios de retenção é minimizar o impacto hidrológico da redução da capacidade de armazenamento natural da bacia hidrográfica.

Este controle tem as seguintes vantagens e desvantagens (Urbonas e Stahre, 1993): custos reduzidos, se comparados a um grande número de controles distribuídos; custo menor de operação e manutenção; facilidade de administrar a construção; dificuldade de achar locais adequados; custo de aquisição da área; reservatórios maiores têm oposição por parte da população.

Este controle tem sido utilizado quando existem restrições, por parte da administração municipal, ao aumento da vazão máxima devido ao desenvolvimento urbano, e, assim, já foi implantado em muitas cidades de diferentes países. O critério normalmente utilizado é que a vazão máxima da área, com o desenvolvimento urbano, deve ser menor ou igual à vazão máxima das condições preexistentes para um tempo de retorno escolhido.

Medidas de controle na macrodrenagem

O controle do impacto do aumento do escoamento devido à urbanização, na macrodrenagem, tem sido realizado, na realidade brasileira, através da canalização. O canal é dimensionado para escoar uma vazão de projeto para tempos de retorno que variam de 25 a 100 anos.

No primeiro estágio a bacia não está totalmente urbanizada, e as inundações ocorrem no trecho urbanizado, onde algumas áreas não estão ocupadas, porque inundam com frequência.

Com a canalização deste trecho, as inundações deixam de ocorrer. Nas áreas que, antes, eram o leito maior do rio e sofriam freqüentes inundações, existiam favelas, ou eram desocupadas. Estas áreas tornam-se valorizadas, pela suposta segurança do controle de enchentes. O loteamento destas áreas leva a uma ocupação nobre de alto investimento.

Com o desenvolvimento da bacia de montante e o respectivo aumento da vazão máxima, que não é controlada pelo poder público, voltam a ocorrer inundações no antigo leito maior. Nesta etapa, não existe mais espaço para ampliar lateralmente o canal, sendo necessário aprofundá-lo, aumentando os custos em escala quase exponencial, já que é necessário estruturar as paredes do canal.

Este processo, pode-se dizer é encontrado na bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar, onde a única medida tomada após a grande e traumática cheia de 1974 foi a canalização do rio Tubarão. Prejuízos de grande monta não são sentidos freqüentemente com novas inundações, justamente porque a jusante das cidades a ocupação do solo se dá prioritariamente com o plantio de arroz irrigado (ver prancha 3.1.1 – Uso do Solo), pode ser evitado através do uso combinado das medidas mencionadas dentro do planejamento urbano. Para o planejamento de controle da bacia, quando a mesma ainda está no primeiro estágio, pode-se utilizar o seguinte:

- regulamentação do uso do solo e ocupação, pelo poder público, das áreas naturalmente inundáveis;
- combinar estas áreas, para atuarem como bacias de retenção urbanas;
- regulamentar a microdrenagem para não ampliar a enchente natural, tratando cada distrito ou sub-bacia de acordo com sua capacidade e transferência a jusante. Nesse caso, é estudada cada sub-bacia e definido o risco de inundação que cada empreendedor deve manter nas condições naturais;
- utilizar parques e as áreas mencionadas acima para amortecer e preservar os hidrogramas entre diferentes sub-bacias ;
- prever subsídios de impostos para as áreas de inundações e a troca de solo criado por compra de áreas de inundações;
- nenhuma área desapropriada pelo poder público pode ficar sem implantação de infra-estrutura pública, parque ou área esportiva; caso contrário, será invadida.

Bibliografia Consultada

- ANEEL, 2000a. **Base de dados Hidrológicos – Hidrodata**. Bacia 7: Bacia do Uruguai. Agência Nacional de Energia Elétrica. Versão 1.1
- ANEEL, 2000b. **Sistemas de Informações Georreferenciadas de Energia e Hidrologia – Hidrogeo**. Bacia 7: Bacia do Uruguai. Agência Nacional de Energia Elétrica. Versão 1.1
- BACK, A. J., 1995. **Precipitações extremas para o Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: EPAGRI.
- SDM, 1998. **Diagnóstico dos Recursos hídricos e organização dos agentes da Bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar**. Universidade do Sul de Santa Catarina /Grupo de Pesquisas em Recursos Hídricos, 1998.
- Disponível no site: www.sc.gov.br/webmeioambiente/frmhidrico.htm
- IDE, B. Y.; ALTHOFF, D. A.; THOMÉ, V. M. R. & VIZZOTTO, V. J., 1980. **Zoneamento agroclimático do Estado de Santa Catarina**. 2a Etapa. Florianópolis, EMPASC.
- TUCCI, C. E. M., 1999. Água no meio urbano. **In**: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (organizadores). Águas doces no Brasil. São Paulo: Escrituras Editora, 1999.
- TUCCI, C. E. M., 1993. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Ed. da Universidade: ABRH: EDUSP.
- URBONAS, B.; STAHERE, P., 1993. **Stormwater Best Management Practices and Detention**, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. 450p.

3.2.3 Processos sedimentológicos

3.2.3.1 Introdução

O estudo dos processos sedimentológicos numa determinada bacia hidrográfica tem por objetivo o conhecimento do real estado de degradação causado pela descarga sólida a que são submetidos os cursos d'água.

Os termos erosão e sedimentação envolvem os processos de desprendimento, transporte e deposição de partículas sólidas, que usualmente são chamadas de sedimentos. Esses processos têm estado ativos através do tempo geológico e colaboraram para a conformação do relevo atual. Ocorre que atualmente, os processos erosivos apresentam-se desproporcionais ao que seria considerado natural.

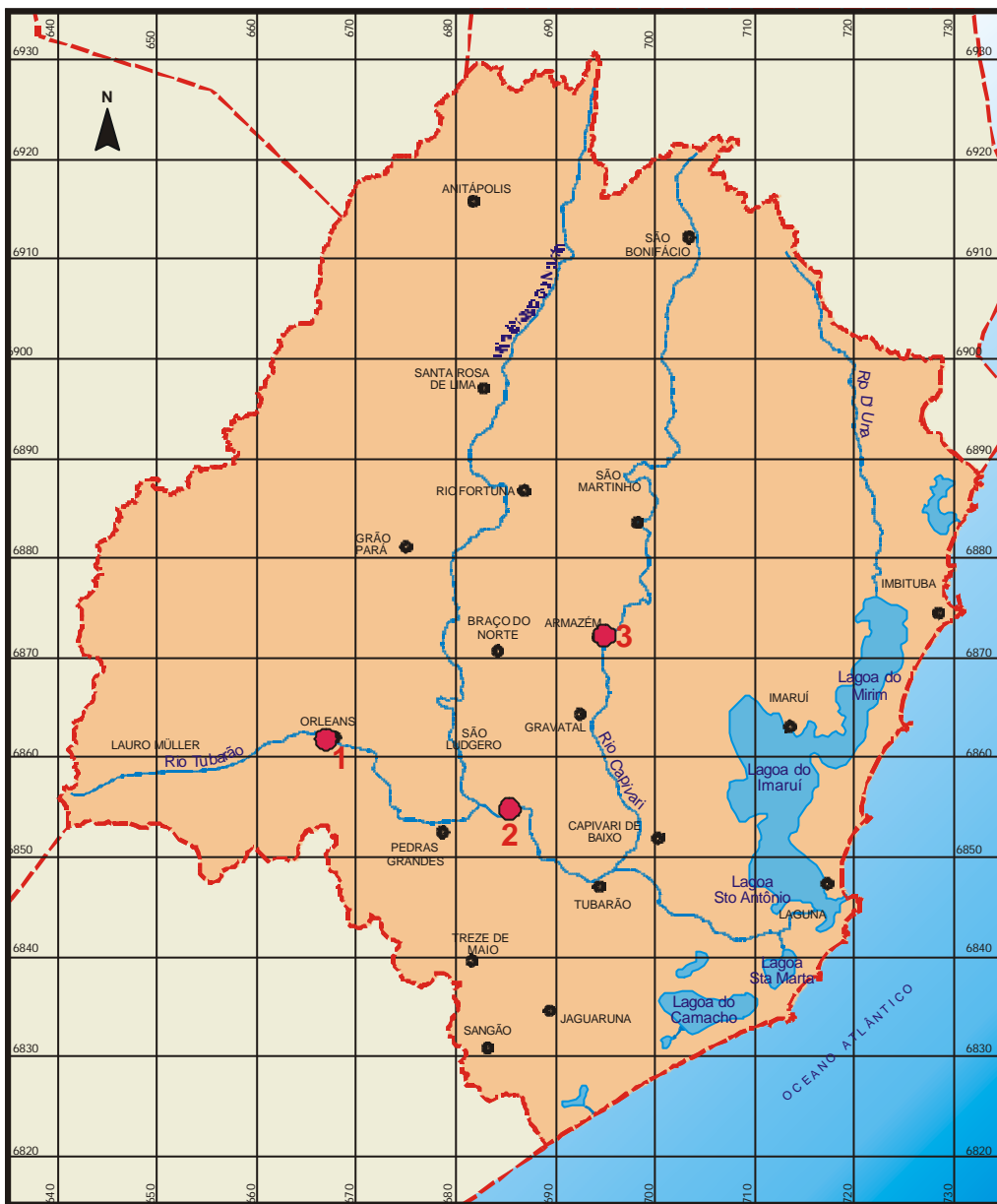
Em decorrência disso, os processos de sedimentação têm gerado, não poucas vezes, sérios problemas de engenharia e ambientais. Segundo ANEEL (2000): *"as atividades humanas introduzem uma profunda influência na erosão e conseqüentemente na sedimentação; sob determinadas circunstâncias, as taxas de erosão são 100 vezes maiores, com a interferência humana, do que seriam apenas considerando-se em termos geológicos"*.

Enfim, o transporte de sedimentos afeta a qualidade da água e a possibilidade para o consumo humano ou outras finalidades. Os sedimentos não somente constituem-se num dos maiores poluentes da água, mas também servem como catalizadores, carreadores e como agentes fixadores para outros poluidores. Sob esse aspecto de importância, é fundamental o monitoramento constante dos sedimentos em suspensão e depositados ao longo dos cursos d'água de uma bacia hidrográfica, principalmente se é desejado o uso intensivo dos recursos hídricos desta bacia.

3.2.3.2 Estações sedimentométricas na bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar

Em que pese a importância presente no conhecimento dos processos sedimentológicos, na bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar existem apenas três estações sedimentométricas, sendo que em duas delas a série de medições é praticamente irrelevante. O quadro 3.2.15 apresenta as características de localização destas estações, a figura 3.2.18 apresenta o mapa com sua localização na bacia.

Duas das estações estão localizadas no rio Tubarão (comunidade de rio do Pouso em Tubarão e outra no município de Orleans) e uma no rio Capivari. Os dados das três estações, constantes do sistema de informações hidrológicas da ANEEL.



escala 1:750.000

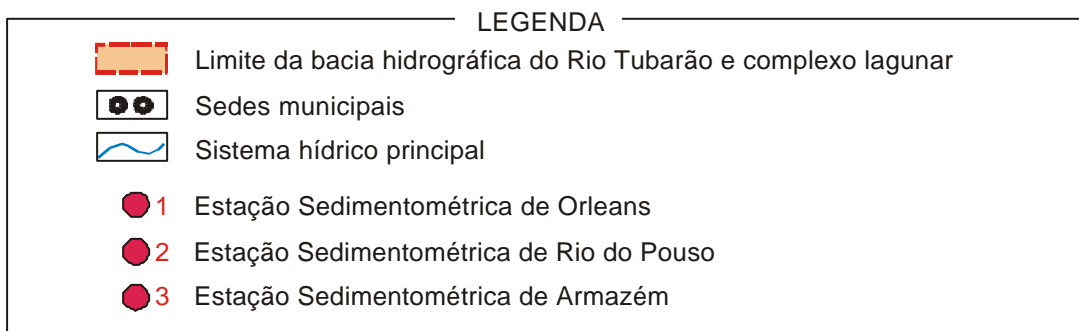


Figura 3.2.18 - Localização das estações sedimentométricas

Quadro 3.2.15 - Estações sedimentométricas na bacia

Estação	Código	Rio	Área de drenagem (km ²)	Localização geográfica UTM	Local	Nº de medidas	Período
Orleans	84249998	Tubarão	597,0	6861848,6 N 667095,4 E	Orleans	3	4/97-9/97
Rio do Pouso	84580000	Tubarão	2739,0	6854862,7 N 685450,8 E	Tubarão	96	6/76-2/98
Armazém - Capivari	84600000	Capivari	773,0	6871159,7 N 6949992,6 E	Armazém	2	5/97-8/97

3.2.3.3 Resultados das estações sedimentométricas

Os quadros a seguir apresentam os resultados das estações sedimentométricas apresentadas. Conforme mencionado acima, apenas na estação do Rio do Pouso, existe uma série histórica de medições que permitem alguma avaliação da descarga sólida no rio Tubarão.

Quadro 3.2.16 - Estação sedimentométrica de Orleans no rio Tubarão

DATA	COTA do nível d'água (cm)	VAZÃO (m ³ /s)	Área seção (m ²)	Largura da seção transversal (m)	Velocidade do fluxo d'água (m/s)	Concentração (ppm)
02/04/97	109	15,4	23,3	42	0,66	63,94
24/06/97	68	3,51	10,9	26	0,322	28,75
13/09/97	77	5,41	13,5	28	0,401	11,29

Quadro 3.2.17 - Estação sedimentométrica de Armazém no rio Capivari

DATA	COTA do nível d'água (cm)	VAZÃO (m ³ /s)	Área seção (m ²)	Largura da seção transversal (m)	Velocidade do fluxo d'água (m/s)	Concentração (ppm)
16/05/97	79	19,7	24,3	26,0	0,81	5,25
29/08/97	70	17,2	21,9	25,5	0,785	4,92

Quadro 3.2.18 - Estação sedimentométrica de Rio do Pouso no rio Tubarão

DATA	COTA do nível d'água (cm)	VAZÃO (m ³ /s)	Área seção (m ²)	Largura da seção transversal (m)	Velocidade do fluxo d'água (m/s)	Concentração (ppm)
05/06/76	108,0	56,1	120,0	91,5	0,467	58,00
27/08/76	40,0	51,7	85,9	79,0	0,602	25,46
14/10/76	4,0	28,8	58,5	77,0	0,493	30,29
21/12/76	30,0	41,2	90,2	79,0	0,457	14,28
05/06/77	108,0	80,7	119,0	91,5	0,678	58,18
13/06/77	-2,0	29,6	57,0	75,0	0,520	40,44
24/06/77	44,0	77,3	63,8	68,0	1,211	7,00
20/08/77	153,0	145,0	158,0	102,0	0,918	113,51
10/10/77	70,0	80,1	105,0	84,0	0,763	18,91
17/08/78	-12,0	24,9	47,8	80,0	0,521	22,45
25/10/78	-6,0	30,9	49,2	80,0	0,628	8,66
20/12/78	127,0	159,0	167,0	100,0	0,952	61,82
23/03/79	28,0	54,4	75,9	82,0	0,717	34,93
16/02/81	73,0	100,0	95,6	79,0	1,046	44,36
22/05/81	11,0	45,7	58,0	73,5	0,788	4,55
20/08/81	0,0	31,1	49,7	67,5	0,626	36,61
19/11/81	7,0	36,0	51,2	67,5	0,703	38,94
11/02/82	4,0	38,1	52,5	69,0	0,726	37,25
18/05/82	-4,0	27,0	44,4	67,0	0,608	17,53
18/08/82	25,0	54,3	64,5	70,0	0,842	34,34
13/10/82	21,0	54,5	65,3	68,0	0,834	30,33
16/12/82	34,0	62,3	70,6	69,0	0,882	38,25
19/05/83	62,0	96,7	93,6	70,0	1,033	34,40
20/09/83	40,0	57,5	70,5	82,0	0,815	4,00
04/01/84	52,0	75,0	87,9	70,0	0,845	51,40
14/02/84	41,0	57,8	76,9	69,0	0,752	35,90
21/06/84	29,0	62,2	57,8	72,0	1,078	30,00
17/09/84	14,0	45,2	61,0	64,0	0,742	15,50
15/12/84	42,0	80,2	72,0	83,0	1,114	14,70
21/03/85	29,0	46,4	67,6	63,0	0,686	8,17

Quadro 3.2.18 - Estação sedimentométrica de Rio do Pouso no rio Tubarão, cont.

DATA	COTA do nível d'água (cm)	VAZÃO (m ³ /s)	Área seção (m ²)	Largura da seção transversal (m)	Velocidade do fluxo d'água (m/s)	Concentração (ppm)
18/06/85	42,0	59,8	77,2	68,0	0,775	17,06
19/09/85	0,0	24,6	53,3	66,0	0,462	21,56
13/12/85	2,0	27,1	53,9	66,0	0,503	4,00
21/03/86	6,0	25,2	56,3	66,0	0,448	13,01
23/06/86	10,0	17,7	46,4	62,0	0,381	17,43
23/09/86	48,0	68,1	81,6	68,0	0,836	42,52
14/12/86	84,0	114,0	106,1	70,0	1,073	90,38
25/03/87	23,0	52,3	72,3	67,0	0,724	9,76
24/06/87	44,0	77,3	85,4	68,0	0,905	7,39
29/09/87	39,0	68,6	81,6	68,0	0,841	9,82
15/12/87	13,0	47,2	162,0	116,0	0,291	4,00
14/03/88	32,0	56,2	80,6	68,0	0,697	11,51
15/03/88	32,0	56,2	80,6	68,0	0,697	9,46
20/06/88	30,0	52,0	82,2	68,0	0,633	4,78
19/08/88	11,0	33,4	68,9	67,0	0,485	14,25
12/12/88	-6,0	16,9	53,8	63,0	0,314	2,29
16/03/89	34,0	57,4	82,8	67,0	0,693	37,48
20/06/89	7,0	24,4	67,5	66,0	0,361	5,13
21/09/89	25,0	48,4	76,8	67,0	0,630	-
25/08/92	-	-	-	-	-	0,14
16/07/93	50,0	88,9	91,0	69,0	0,977	7,11
20/10/93	50,0	97,5	95,1	71,0	1,025	14,66
17/10/95	92,0	27,9	0,0	0,0	0,000	16,23
29/02/96	195,0	159,0	0,0	0,0	0,000	60,12
05/07/96	104,0	55,2	93,0	67,0	0,594	8,83
17/08/96	106,0	55,5	91,3	67,0	0,608	15,00
14/11/96	89,0	40,9	79,1	63,0	0,517	13,61
15/05/97	72,0	32,2	72,1	67,0	0,450	8,46
27/02/98	165,0	134,0	130,0	67,0	1,031	21,66

O gráfico 3.2.1 apresenta a variação da concentração média diária para o posto sedimentométrico do Rio do Pouso no rio Tubarão. O gráfico 3.2.2 apresenta a vazão média na seção da estação no mesmo período de medição.

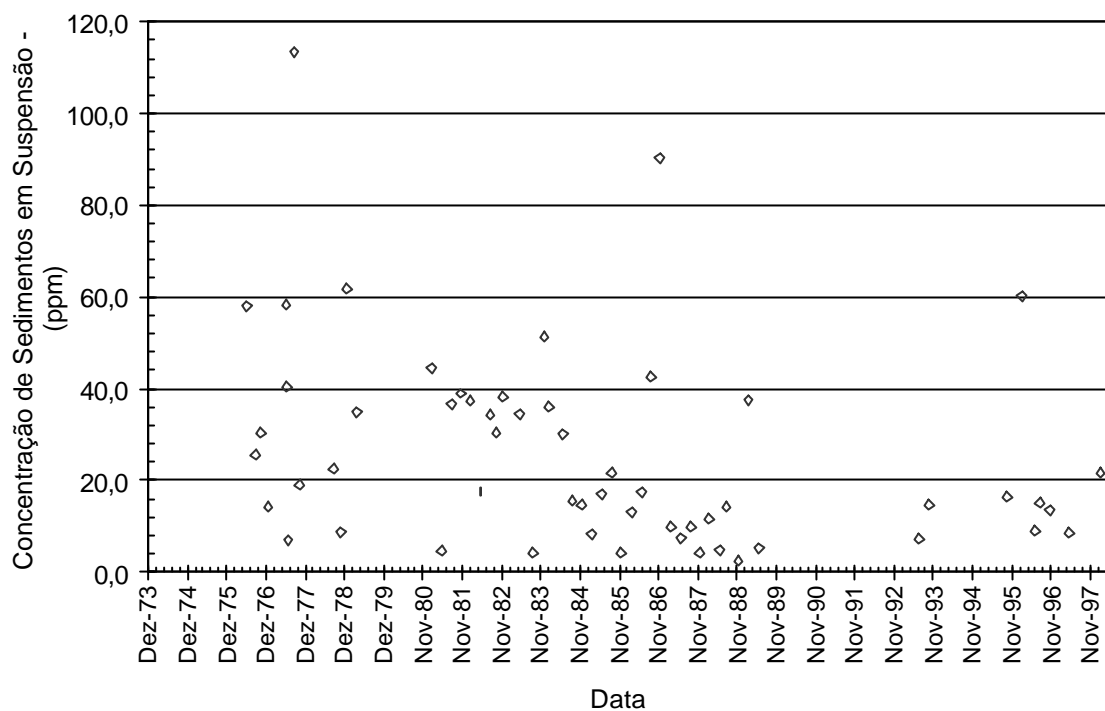


Gráfico 3.2.1 - Variação da concentração média de sedimentos em suspensão na série histórica de medições do posto sedimentométrico do Rio do Pouso

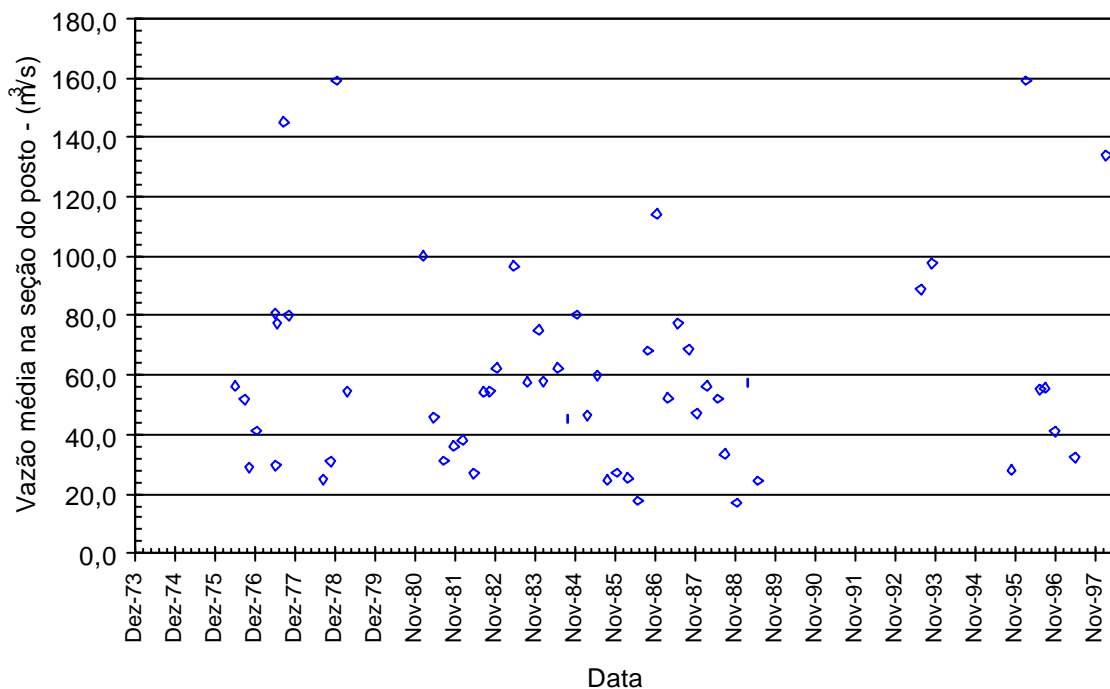


Gráfico 3.2.2 - Variação da vazão média na seção do rio Tubarão junto ao posto sedimentométrico do Rio do Pouso

A série de medições no posto Rio do Pouso indica uma concentração média de sedimentos em suspensão em torno de 25 ppm. O sedimento em suspensão representa, na maioria dos casos, a maior quantidade de descarga sólida total. A descarga em suspensão, no caso do rio Tubarão, deve corresponder, em média como na maior parte dos casos, entre 70 e 95% da descarga sólida total.

A concentração determinada não corresponde ao valor verdadeiro, é um pouco inferior, porque os equipamentos não alcançam toda a profundidade na vertical de amostragem, ficando uma zona não amostrada. Apesar disso, este valor é em parte corrigido pelo fato de que a descarga em suspensão é calculada com base na vazão total da seção. Por sua vez, a vazão média da seção do rio Tubarão, junto a estação sedimentométrica do Rio do Pouso é aproximadamente 60 m³/s.

3.2.3.4 Avaliação da descarga sólida em suspensão

O cálculo da descarga em suspensão é feito considerando que o sedimento se movimenta com a velocidade da corrente em toda a seção transversal. Desta forma, a descarga sólida em suspensão é obtida pelo produto da concentração pela descarga líquida (vazão). O equacionamento então, é o seguinte:

$$Q_{ss} = 0,0864 * Q * C$$

onde:

Q_{ss} = Descarga sólida em suspensão em t/dia

0,0864 = constante de ajuste de unidades

Q = vazão média da seção em m³/s

C = concentração média dos sedimentos em suspensão em ppm

A falta de medições nas estações sedimentométricas de Orleans e Armazém, não permitem que o valor encontrado para a descarga sólida em suspensão seja assumido como verdadeiro. Ainda assim, o cálculo da descarga será realizado e o resultado será adotado como representativo da "ordem de grandeza" da geração de sedimentos naqueles dois pontos: rio Tubarão em Orleans e rio Capivari em Armazém.

O resultado do cálculo da descarga sólida em suspensão é apresentado nos quadros a seguir. Para o caso do Rio do Pouso, em que existe uma série de medições os resultados são apresentados em termos de médias anuais.

Quadro 3.2.19 - Cálculo da descarga sólida média anual para o posto Rio do Pouso no rio Tubarão

Ano	Descarga sólida (t/ano)
1976	47546,6
1977	153939,1
1978	112015,7
1979	59924,5
1981	28890,6
1982	49153,0
1983	56078,6
1984	61025,7
1985	16068,0
1986	109077,5
1987	15327,7
1988	11117,0
1989	35896,2
1993	32504,6
1995	14280,0
1996	90158,6
1997	8590,8
1998	91531,3
<i>média na série histórica</i>	55173,6

Quadro 3.2.20 - Cálculo da descarga sólida média anual para o posto de Orleans no rio Tubarão

Ano	Descarga sólida (t/ano)
1997	12053,8

Quadro 3.2.21 - Cálculo da descarga sólida média anual para o posto de Armazém no rio Capivari

Ano	Descarga sólida (t/ano)
1997	2965,157

Para o posto sedimentométrico de Rio do Pouso, é possível a obtenção de uma correlação satisfatória entre a geração de sedimentos e o volume de água,

quando os dados são apresentados pela relação: Volume de Água que passa na seção (acumulado no período da série histórica) x Quantidade de sedimentos gerados (acumulada no período da série histórica). Esta avaliação é apresentada no gráfico 3.2.3.

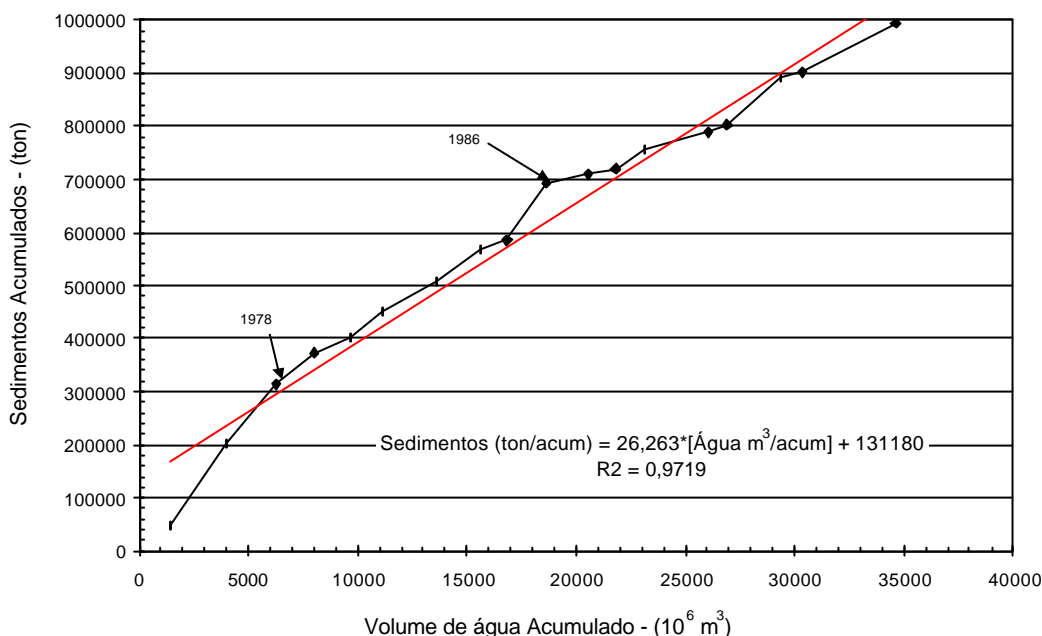


Gráfico 3.2.3 - Diagrama duplo acumulativo do volume de água e massa de sedimentos transportados

O diagrama mostrado no gráfico 3.2.3 indica que a partir de 1978, a geração de sedimentos diminui para um valor aproximadamente constante, em função da vazão na seção do rio (primeiro ponto de inflexão no gráfico). À exceção, ocorre no valor anual de 1986 (109.077,5 ton/ano), significativamente acima da média histórica de aproximadamente 55.000 ton/ano. A resposta para estes pontos de inflexão no diagrama duplo acumulativo não pode ser obtida porque a área da bacia a montante da estação é muito grande. Embora, provavelmente estejam associados à modificações no manejo do solo da região.

Embora assumindo que os resultados para a estação sedimentométrica de Orleans tenha valor qualitativo e apenas fornece a ordem de grandeza das descargas sólidas em suspensão, o resultado, praticamente cinco vezes menor que aquele obtido para a estação em Rio do Pouso, é consistente. Ou seja, na medida em que a estação sedimentométrica do Rio do Pouso está localizada no rio Tubarão a jusante da confluência com o rio Braço do Norte, recebe toda a contribuição de sólidos em suspensão proveniente da bacia daquele rio.

No caso da estação em Armazém, que recebe a contribuição de parte da bacia hidrográfica do rio Capivari, o valor de descarga sólida em suspensão, é aproximadamente vinte vezes menor que aquela verificada para o Rio do Pouso. Desconsiderando os tipos de uso do solo, esta ocorrência deve estar relacionada fundamentalmente com os menores comprimentos de rampa verificados na bacia do

rio Capivari, visto que em termos de declividade média destas rampas, há uma equivalência, de acordo com o que pode ser verificado no mapa de isodeclividades, que será apresentado adiante, no item de Potencial Erosivo.

3.2.3.5 Conclusões e recomendações

a) Rede sedimentométrica existente

As concentrações de sedimentos em suspensão verificadas na estação sedimentométrica do Rio do Pouso e as medições eventuais realizadas nas estações em Orleans e Armazém, bem como a descarga sólida gerada, não atingem níveis preocupantes. Existem na literatura especializada critérios que indicam medições regulares em postos fluviométricos cuja concentração excede 500 mg/l.

Ainda assim, consideradas as sérias implicações decorrentes do aporte de sedimentos aos cursos d'água, a principal constatação decorrente da análise feita acima é que não existe uma rede de estações sedimentométricas na bacia Hidrográfica do Rio Tubarão e Complexo Lagunar, que permitam as condições mais favoráveis para a avaliação dos processos sedimentológicos na região.

Neste sentido, segundo ANEEL (2000), uma rede ótima deve conter postos próximos à foz de cada rio importante que escoar para o oceano. Embora nenhum dos cursos d'água da bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar escoar diretamente para o oceano - o rio D'Una escoar para a lagoa do Mirim, rio Braço do Norte e o rio Capivari escoam para o rio Tubarão, que por sua vez, tem sua foz na Lagoa de Santo Antônio - a existência de uma única estação com série histórica de medições não é favorável.

Numa bacia, procura-se instalar os postos sedimentométricos onde já existam postos fluviométricos em operação, o que também permite a utilização dos dados hidrométricos ali existentes.

A manutenção de uma rede primária, ou básica - formada por um número mínimo de postos que são operados por uma entidade que se encarrega da rede hidrométrica, cuja operação é destinada a diversas finalidades de usos dos recursos hídricos a longo prazo, se adequaria a:

- instalação ou operação de um posto sedimentométrico junto a foz do rio Braço do Norte;
- a operação permanente do posto Armazém ou até mesmo a instalação de um novo posto próximo a foz com o rio Tubarão. Neste caso, estudando em detalhe o local da instalação devido a proximidade das captações de água a UTE Jorge Lacerda;
- operação permanente do posto de Orleans. O reinício das amostragens no posto de Orleans se faz necessário primeiramente porque já existem dados na estação que não devem ser perdido, em segundo lugar, não menos importante, porque contribuiria no monitoramento dos impactos da atividade extrativista mineral na região de Lauro Müller;
- manutenção da operação da estação em Rio do Pouso;
- instalação de uma estação sedimentométrica na foz do rio D'Una, porque é um outro curso d'água principal na bacia e;
- instalação e operação de uma estação sedimentométrica na foz do rio Tubarão, permitiria a checagem das descargas sólidas que são dirigidas a Lagoa de Santo Antônio. O problema de colmatação da lagoa é frequentemente discutido, sendo que mesmo em SDM (1998), sugere-se um estudo específico.

b) Programas de manejo solo

No item 3.3 - Potencial erosivo, serão elencados uma série de programas ou mesmo procedimentos de manejo adequado do solo, com vistas a redução da incidência de processos erosivos. Na verdade todos os programas ou procedimentos mencionados naquele item devem ser reportados para o caso da geração de sedimentos. Ou seja, diminuindo a incidência de processos erosivos de qualquer tipo, são reduzidos os problemas de carga sólida nos recursos hídricos.

Bibliografia Consultada

- ANEEL. 2000. **Guia de práticas sedimentométricas**. Newton de Oliveira Carvalho... [et al.]. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas. 154 p.
- WMO. 1994. **Guide to hydrological practices**. World Meteorologica Organisation. WMO No 168. Ed. 1981 e 1994.
- SDM. 1998. **Diagnóstico dos Recursos hídricos e organização dos agentes da Bacia Hidrográfica do rio Tubarão e Complexo Lagunar**. Universidade do Sul de Santa Catarina /Grupo de Pesquisas em Recursos Hídricos, Vol. 6.
- TUCCI, C.E.M. 1997. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH, p. 915 a p. 923.