

DEMANDA E DISPONIBILIDADE HÍDRICA NO SISTEMA LAGOA MIRIM - SÃO GONÇALO – RIO GRANDE DO SUL

Gilnei Machado

Gilmachad@icqmail.com

**Doutorando em Geografia pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da UNESP
(FCT/UNESP)**

Resumo

Este trabalho apresenta uma análise da demanda e da disponibilidade hídrica na área do sistema Lagoa Mirim-Canal São Gonçalo, localizado no Rio Grande do Sul, tendo em vista que esta caracterização é importante para a compreensão do comportamento da qualidade destas águas e para o planejamento das atividades econômicas e sociais futuras desta região. A pesquisa desenvolveu-se com base em um conjunto de dados levantados pela Magna Engenharia (1997), com dados apresentados por Beltrame e Tucci (1998), em dados climatológicos apresentados por Mota e Oliveira (1978) e em informações levantadas em quatro trabalhos de campo realizados durante os anos de 2001 e 2002, durante os quais foi medida a velocidade das águas superficiais, realizado o cálculo das vazões e coletadas amostras de água para a caracterização da qualidade das mesmas. Com esta pesquisa pode-se verificar que é grande o potencial de desenvolvimento da região, em se tratando de disponibilidade hídrica, devendo-se, tomar cuidados com relação ao aspecto qualitativo das águas, e que este desenvolvimento é extremamente dependente do aprofundamento das relações entre Brasil e Uruguai, país no qual grande parte da bacia da Lagoa Mirim está inserida, o que possibilitará um planejamento das atividades futuras e o gerenciamento destes recursos.

Palavras-Chave: Demanda e Disponibilidade Hídrica, Lagoa Mirim, Canal São Gonçalo, perspectivas de desenvolvimento.

Resumen

En este trabajo se presenta un análisis de la demanda y de la disponibilidad hídrica en el área del sistema *Lagoa Mirim — Canal São Gonçalo*, localizado en *Rio Grande do Sul*. Esta caracterización es importante para comprender el comportamiento de la calidad de esta agua y planificar las actividades económicas y sociales futuras de esta región. El estudio se desarrolló con base en un conjunto de datos colectados por la *Magna Engenharia* (1997), y por datos presentados por Beltrame e Tucci (1998), así como por datos climatológicos presentados por Mota & Oliveira (1978) y por informaciones conseguidas a partir de cuatro trabajos de campo, realizados durante los años de 2001 y 2002. En este período se midió la velocidad de las aguas superficiales, fue realizado el

cálculo de los derrames y fueron colectadas muestras de agua para la caracterización de la calidad de las mismas. Con este estudio se pudo verificar que el potencial de desarrollo de la región es grande, en lo que respecta a la disponibilidad hídrica. Sin embargo, se debe tomar cuidado con relación al aspecto cualitativo de las aguas, ya que este desarrollo es considerablemente dependiente del estrechamiento de las relaciones entre Brasil y Uruguay, país en el cual está inserida gran parte de la bacía *Lagoa Mirim*. Esto posibilitará la planificación de las actividades futuras y la administración de estos recursos.

Palabras-Clave: demanda y disponibilidad hídrica, *Lagoa Mirim*, *Canal São Gonçalo*, perspectivas de desarrollo.

Introdução

Os conceitos de *demanda*, *consumo* e *disponibilidade hídrica*, ainda que sejam diferentes uns dos outros, são utilizados, muitas vezes, como sendo iguais, devendo-se por isso ter bem claro o significado de cada um deles a fim de evitar tais confusões.

A *disponibilidade hídrica* representa a quantidade de água disponível na natureza para ser utilizada nas atividades humanas. Sua variação é influenciada pelos usos que provocam o desaparecimento deste recurso, isto é, os usos consuntivos. Se aumentar o consumo, diminui a disponibilidade hídrica, se diminuir o consumo aumenta a disponibilidade. O *consumo* é, portanto, o uso que se faz da água provocando o seu desaparecimento momentâneo.

A *disponibilidade hídrica* de uma região pode ser determinada primeiramente a partir do cálculo da quantidade de água que entra na mesma, os chamados *inputs*, que dependendo da região, podem ser originados a partir das chuvas, derretimento de geleiras e/ou neve. Em segundo lugar, pelo volume de água que é retirada desta, os denominados *outputs*, que acontecem a partir da evaporação, evapotranspiração, do escoamento natural, da captação e da infiltração.

A *demanda hídrica* é a quantidade de água necessária para o desenvolvimento das atividades humanas. Ela representa o *output* ou a quantidade de água que sai de um rio, lago, lagoa, dos vários rios de uma bacia hidrográfica ou de aquíferos. Salienta-se a existência da *demanda natural* que é a quantidade de água utilizada pelos organismos vivos, animais e vegetais não domesticados.

Tendo claros estes conceitos, propôs-se a análise destes elementos na área do sistema Lagoa Mirim - São Gonçalo (Figura 01), no Estado do Rio Grande do Sul, tendo em vista que esta caracterização é importante para a compreensão do comportamento da qualidade destas águas.

Objetivos

Este trabalho tem por objetivo analisar questões referentes à demanda e à disponibilidade hídrica para a realização de atividades industriais, agrícolas, e para o abastecimento público na região do sistema Lagoa Mirim – Canal São Gonçalo, localizado no sul do estado do Rio Grande do Sul, procurando verificar as possibilidades de desenvolvimento futuro da região em relação a esta disponibilidade e demanda.

Procedimento da pesquisa

A pesquisa desenvolveu-se com base em um conjunto relativamente grande de dados pré-existentes levantados pela Magna Engenharia (1997) por solicitação do Conselho de Recursos Hídricos (CRH) do Rio Grande do Sul, com dados apresentados por Beltrame e Tucci (1998) e em dados climatológicos apresentados por Mota e Oliveira (1978). Esta análise embasa-se, também, uma série de informações levantadas ao longo de quatro trabalhos de campo realizados durante os anos de 2001 e 2002, mas particularmente, durante os trabalhos de campo realizados em janeiro e julho de 2001, durante os quais foi medida a velocidade das águas superficiais, realizado o cálculo das vazões e coletadas amostras de água para a caracterização da qualidade das mesmas.

Figura n° 01: Localização da área de estudo

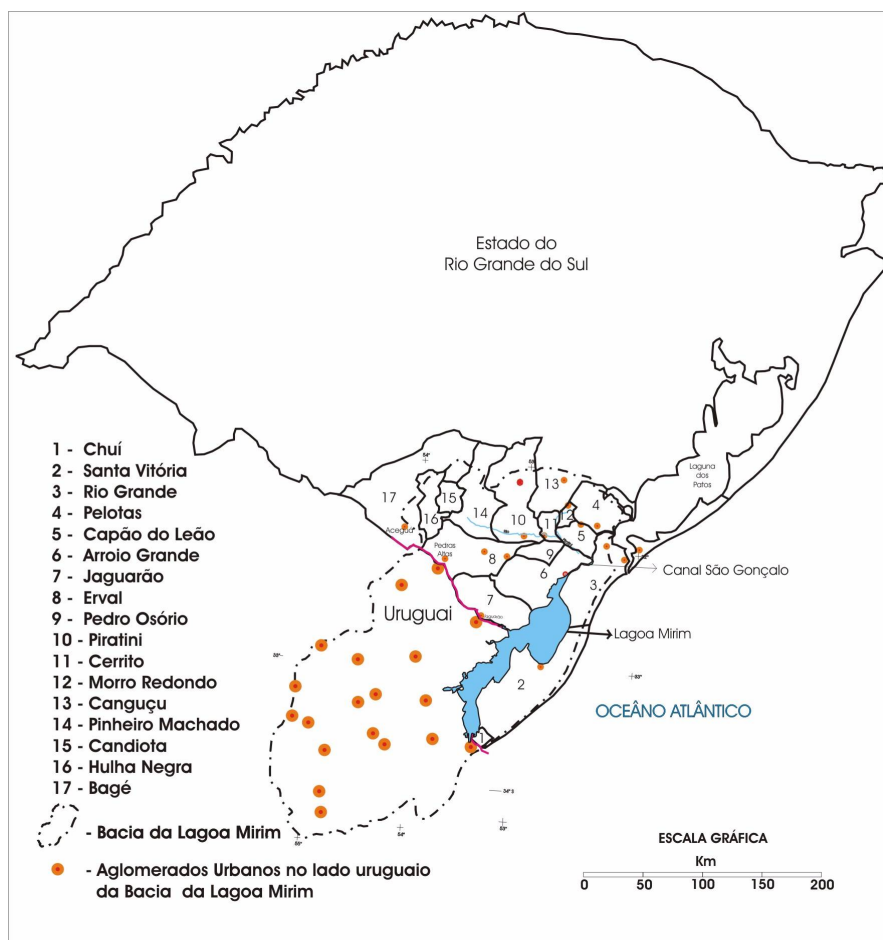


Figura n° 01: Fonte: Machado (2002, p. 69)

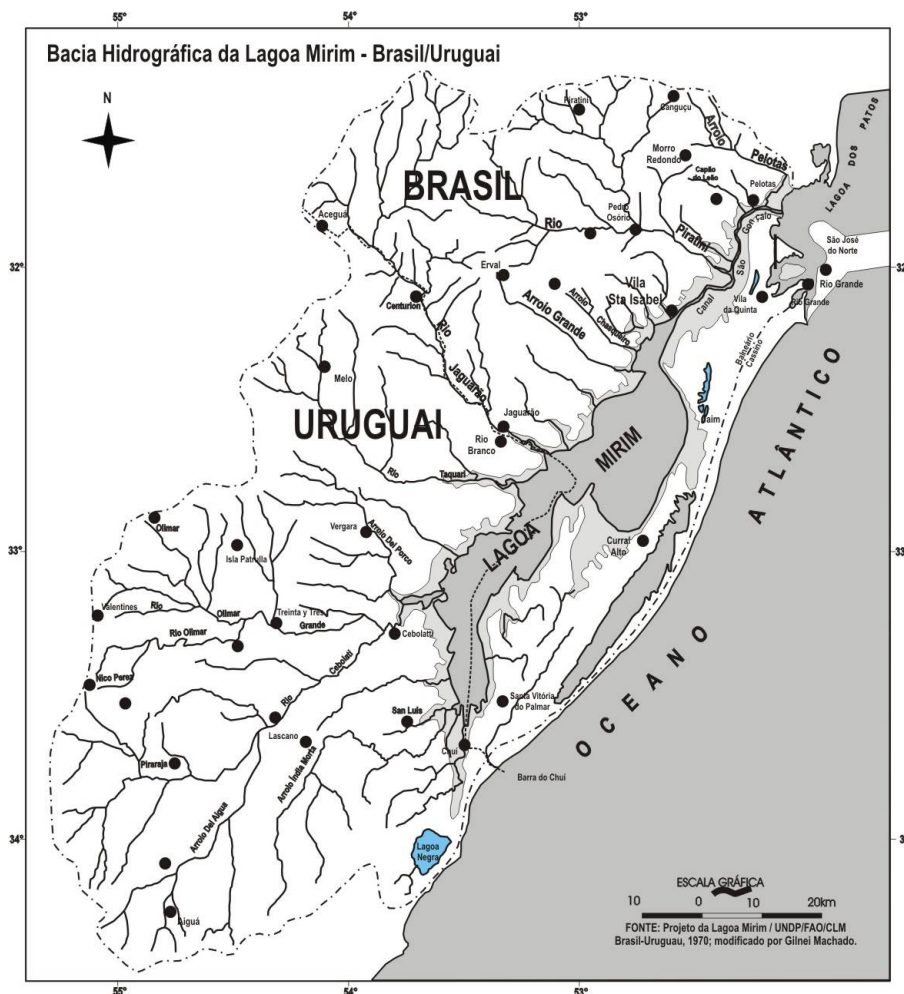
Demanda hídrica para irrigação, abastecimento e indústria

De acordo com informações levantadas pela CRH-RS/Magna Engenharia (1997), na área da bacia da Lagoa Mirim, localizada no território uruguaio, a demanda hídrica para a irrigação é igual a 107.963 L/s, o que corresponde a 99,78% da demanda total da zona uruguaia da Bacia da Lagoa Mirim. Para o abastecimento público a demanda, na zona uruguaia, é igual a 218 L/s, isto é, 0,20 % do total captado naquela área; já para o abastecimento industrial a demanda é de apenas 15 L/s, ou seja, 0,02% do total captado naquela área da bacia.

A área brasileira da bacia da Lagoa Mirim apresenta um total de 556 pontos de captação de água cadastrados pelo Departamento de Recursos Hídricos do estado do Rio Grande do Sul. Deste total, somente na bacia do Rio Jaguarão (Figura n° 02) foram cadastrados 118. Na margem leste da Lagoa Mirim e Canal São Gonçalo, compreendendo os municípios de Rio Grande, Santa Vitória do Palmar e Chuí (Figura n

° 01), foram cadastrados 125 pontos de captação. Destes, 102 estão localizados fora da área de estudo, isto é, na faixa litorânea e na Lagoa Mangueira.

Figura nº 02: Bacia hidrográfica da Lagoa Mirim



Fonte: Machado (2002, p. 07)

A captação é feita com o uso de moto-bombas na grande maioria dos pontos existentes nos municípios de Rio Grande, Pelotas, Capão do Leão e Arroio Grande, constituindo as estações elevatórias que conduzem a água das áreas menos elevadas para aquelas mais elevadas, onde há necessidade deste recurso. Nos demais pontos, a água é captada diretamente em barragens e açudes, que permitem sua condução por gravidade até o local onde a mesma se faz necessária.

Com a análise do Quadro 01, verifica-se que a área total irrigada na porção brasileira da Bacia da Lagoa Mirim é de 151.558 hectares e que cerca de 40,6% desta área, ou seja, 61.574 hectares, localiza-se nos municípios afluentes ao Canal São Gonçalo.

Considerando-se que o município de Arroio Grande tem grande extensão junto à Lagoa Mirim, nem toda a área irrigada neste, utiliza-se de águas extraídas diretamente do Canal São Gonçalo ou mesmo emite efluentes diretamente para este, contudo, mais de 30 mil hectares de área plantada em Rio Grande, Capão do Leão e Pelotas, são irrigados com as águas retiradas do São Gonçalo. Dos 61.584 hectares de área irrigada nos quatro municípios em questão, aproximadamente 70% são irrigados com o uso de bombas ou estações elevatórias, captando-se diretamente em rios, arroios e lagoas. A área irrigada com captação em barragens e açudes corresponde aos demais 30%, já que não são encontradas referências ao uso de poços na irrigação.

Quadro nº 01: Área Irrigada Total (em há.) por Municípios.

Municípios	Área Irrigada em ha com o uso de		
	Estações Elevatórias em afluentes e L. Mirim/São Gonçalo	Barragens e Açudes afluentes	Área Total Irrigada Por município
Arroio Grande	19.869	11.388	31.257
Rio Grande	17.634	2.422	20.056
Capão do Leão	3.190	3.633	6.823
Pelotas	2.526	922	3.448
Total	43.219	18.365	61.584
Área Total Irrigada na Porção Brasileira da Bacia da Lagoa Mirim	122.632	28.926	151.558

Fonte: adaptação de CRH-RS/Magna Engenharia. (1997:98) por Machado (2002)

Os municípios de Rio Grande e Arroio Grande detêm 87% ou 43.108,8 hectares de área total irrigada com estações elevatórias. No uso de barragens e açudes para a irrigação destacam-se Capão do Leão e Arroio Grande que dentre os quatro municípios apresentam conjuntamente 81,7% do total da área irrigada desta maneira.

Da área total irrigada na porção brasileira da Bacia da Lagoa Mirim, 57.178 hectares ou 33,7% (Quadronº 02) encontram-se na margem leste da Lagoa e também do Canal São Gonçalo. Considerando-se apenas a margem oeste do Canal, sem levar em consideração a da Lagoa, verifica-se a existência de um total de 6.816 hectares irrigados por meio de barragens e açudes.

Com a utilização de dados obtidos junto ao Instituto Rio-Grandense do Arroz, verificou-se que a área cultivada com arroz, no estado do Rio Grande do Sul, durante as safras de 1981/1982 até a de 1995/1996, apresentou um crescimento acentuado. Após este período ocorreu um decréscimo considerável na mesma e, por conseqüência, no uso da água para a irrigação.

Com base nestes dados, foram estimadas as demandas para a irrigação desde a safra de 1959/60 até a safra de 1995/96 na Bacia da Lagoa Mirim, neste período o volume de água extraído para a irrigação foi de aproximadamente 400 hm³/ano; um volume alto, quando comparado com os 470 hm³/ano que aportam ao sistema Lagoa Mirim - Canal São Gonçalo (CRH-RS/Magna Engenharia, 1997).

Quadro n° 02: Área Irrigada por Sub-bacias do Setor Leste e Oeste do Canal São Gonçalo e Lagoa Mirim.

Sub-Bacias	Área Irrigada em ha com o uso de		
	Estações Elevatórias no São Gonçalo, Lagoa Mirim e afluentes	Barragens/Açudes em afluentes	Área Irrigada Total
Margem Leste do Canal São Gonçalo e da Lagoa Mirim	55.586	1.590	57.176
Margem Oeste do Canal São Gonçalo	3.031	3.785	6.816
Total	58.617	5.375	63.992
Área irrigada em parte da porção brasileira da Bacia da Lagoa Mirim	122.632	28.926	151.558

Fonte: adaptado CRH-RS/Magna Engenharia (1997:99)

Em um período de três meses, após o fim da retirada de água para irrigação de arroz que acontece até março de cada ano, o impacto na disponibilidade hídrica se reduz à metade e seis meses depois, por volta do mês de setembro, ele é praticamente desprezível. O que possibilita verificar que a recuperação do nível da Lagoa Mirim e, conseqüentemente, do Canal São Gonçalo é de 5 a 6 meses e que o atraso nesta reposição é bastante raro.

O impacto na disponibilidade hídrica decorrente da irrigação feita a partir de açudes e barragens é menor, quando comparado com o da irrigação feita por meio de captação direta nos rios e arroios. Isto ocorre em função da água ser acumulada nestas barragens ao longo de todo o ano, ou seja, a água não é perdida para o escoamento superficial, por isso pode-se dizer que o impacto é menor.

Dos municípios próximos ao São Gonçalo, Arroio Grande tem o primeiro lugar em volume captado em menor tempo, isto é, 67.323 L/s, destacando-se novamente que esta captação é realizada em sua grande parte na Lagoa Mirim e em seus afluentes e não diretamente no Canal São Gonçalo (Quadro n° 03). O segundo maior volume captado em função do tempo, é o de Rio Grande, sendo este igual a 40.218 L/s, neste município a retirada de água é feita principalmente no Canal São Gonçalo e Lagoa Mangueira, destacando-se o primeiro (Quadro n° 03). O terceiro maior volume de água captado por

segundo (L/s), é realizado em Capão do Leão, onde a quantidade de água retirada de barragens e açudes é quase igual à quantidade captada do São Gonçalo, sendo de 971 L/s a diferença entre elas (Quadro nº 03).

O município de Pelotas ainda não efetua captação no Canal São Gonçalo para o abastecimento público; apesar de seu centro urbano estar em sua margem esquerda, esta é realizada, até o momento, somente em seus afluentes e, por não possuir extensas áreas de cultivo de arroz, o volume captado para irrigação em função do tempo em Pelotas é menor, quando comparado com o volume captado nos demais, sendo o total captado igual a 10.942 L/s (Quadro nº 03).

Quadro nº 03: Demanda Hídrica para a Irrigação por Municípios.

Municípios	Irrigação (L/s)		
	Estações Elevatórias em afluentes e L. Mirim/São Gonçalo	Barragens e Açudes em afluentes	Total
Arroio Grande	42.517	24.805	67.323
Rio Grande	38.255	1.963	40.218
Capão do Leão	6.799	5.828	12.627
Pelotas	10.217	725	10.942
Total	97.788	33.322	131.110
Total nos municípios da Bacia da Lagoa Mirim no Brasil	259.571	55.793	315.364

Fonte: CRH-RS/Magna Engenharia (1997:119). Adaptado.

Dos volumes captados por sub-bacia para as atividades de irrigação (Quadro 04), cerca de 10%, isto é, 11.685 L/s são captados na margem oeste do Canal São Gonçalo e 90% são captados na área que envolve a margem leste da Lagoa Mirim e também do Canal São Gonçalo. Dos quais, estima-se que apenas 10% sejam realmente retirados do Canal. Sendo assim, o volume real extraído nesta margem seria igual a 10.687,5 L/s, portanto, menor que os 11.685 L/s captados na margem oeste.

Com relação à captação de água para o abastecimento público (não envolve aqui o abastecimento industrial), em volume captado, encontra-se em primeiro lugar o município de Pelotas que, apesar de possuir vários projetos para isto, ainda não faz a captação direta no Canal São Gonçalo sendo esta realizada nos Arroios Fragata ou Quilombo, Arroio Santa Bárbara e Arroio Pelotas. O volume captado é da ordem de 2.088,80 L/s.

Quadro nº 04 – Demanda Hídrica para Irrigação por Sub-Bacias dos Setores Leste e Oeste do Canal São Gonçalo e Lagoa Mirim

Sub-bacias	Irrigação (L/s)		
	Estações elevatórias no São Gonçalo, Lagoa Mirim e afluentes	Barragens e açudes em afluentes	Total captado
Da Margem Leste do Canal São Gonçalo e da Lagoa Mirim	105.676,00	1.199	106.875
Da Margem Oeste do Canal São Gonçalo	5.767	5.918	11.685
Total das Sub-Bacias	111.443	7.117	118.560

Fonte: CRH-RS/Magna Engenharia (1997:119). Adaptado.

O segundo lugar em volume captado para o abastecimento público é do município de Rio Grande, com 2.070,65 L/s. Do canal artificial escavado perpendicularmente ao São Gonçalo para conduzir a água deste até a estação de tratamento para o abastecimento público de Rio Grande, são feitas captações também à irrigação. A Companhia Rio-Grandense de Saneamento faz a captação e alguns arroteiros compram um montante desta água não tratada para irrigarem suas lavouras, em outras palavras, eles aproveitam o sistema de bombas e canal e pagam para poderem usufruir da água.

O volume captado para o abastecimento público nos municípios de Capão do Leão e Arroio Grande é relativamente insignificante, não chegando a 100 L/s (Quadro 05) devido ao baixo contingente populacional destes municípios ou mesmo à insuficiente rede de captação, tratamento e distribuição desta água.

A margem oeste do Canal São Gonçalo apresenta um volume captado de água, para o abastecimento público, maior que a margem leste, perfazendo um total de 1.187,56 L/s (Quadro 05). Isto decorre da existência de um número maior de áreas urbanizadas e um contingente populacional maior na margem oeste. Entretanto, quando se trata de captação de água para o abastecimento das indústrias, o município de Rio Grande, que está na margem leste do Canal e Lagoa, se destaca por utilizar um volume de água consideravelmente maior que os demais, sendo este igual a 90% do total captado para esta atividade (Quadro 06).

O segundo maior volume de água captado para as atividades industriais, está em Capão do Leão. O total igual a 116,6 L/s (Quadro 06) é insignificante quando comparado ao município de Rio Grande. Lembrando que o parque industrial deste município pertencia ao município de Pelotas, sendo desmembrado em 1988.

Quadro nº 05: Demanda Hídrica para Abastecimento Público por Sub-bacia – setor leste e oeste.

Sub-Bacias	Abastecimento Público (L/s)			
	Estações Elevatórias no São Gonçalo, Lagoa Mirim e afluentes	Barragens e Açudes em afluentes	Poços	Total
Da Margem Oeste do Canal São Gonçalo e Lagoa Mirim	2.052	-	2.147,40	4.199,4
Da Margem Leste do Canal São Gonçalo	555,36	632,2	0	1.187,56
Total nas Sub-bacias	2.607,36	632,2	2.147,40	5.386,96
Total Bacia da Lagoa Mirim no Brasil	4.354,92	1176	181,64	5.712,56

Fonte: CRH-RS/Magna Engenharia (1997:119)

O montante captado para as atividades industriais no município de Arroio Grande não é relatado no Quadro nº 06, possivelmente pó não haver registros ou porque seja utilizada a mesma água que é distribuída para o abastecimento público, pela não existência de uma área industrial definida. Cerca de 7% da água total utilizada para as atividades industriais realizadas na área brasileira da Bacia da Lagoa Mirim é captado nos rios e arroios afluentes da margem esquerda (oeste) do Canal São Gonçalo, os demais 93% encontram-se distribuídos nas margens leste e oeste da Lagoa Mirim e margem leste do Canal.

Quadro nº 06: Demanda Hídrica para a Atividade Industrial por Município.

Municípios	Abastecimento Industrial (L/s)			
	Estações Elevatórias no São Gonçalo, Lagoa Mirim e afluentes	Barragens e Açudes em afluentes	Poços	Total
Rio Grande	1.909,9	-	183,2	2.093,1
Capão do Leão	116,2	-	0,4	116,6
Pelotas	22,8	-	5,27	28,07
Arroio Grande	0	-	0	0
Total	2157,87	3,2	193,84	2.354,91

Fonte: CRH-RS/Magna Engenharia (1997:118). Adapt. por Machado (2002).

Os dados relacionados à quantidade de água captada para irrigação, abastecimento público e industrial, apresentados neste item, permitem identificar o quanto de água é destinado para estes fins, entretanto, não permite identificar o quanto desta água é realmente consumida.

A disponibilidade deste recurso não depende somente do consumo nestas atividades, mas também da quantidade que é consumida naturalmente pela evaporação e

evapotranspiração bem como do total que chega até a superfície por meio das chuvas. É por isso que estes condicionantes naturais da disponibilidade hídrica devem ser apresentados e analisados com maior grau de detalhamento.

Características climáticas e disponibilidade hídrica

Na Bacia da Lagoa Mirim são encontradas Estações Meteorológicas nos municípios de Bagé, Piratini, Santa Vitória do Palmar e Jaguarão, como também em Rio Grande e Pelotas. Grande parte está em operação há décadas e tem por finalidade medir apenas a pluviosidade. Possuindo assim, em seu banco de dados, um conjunto de séries históricas, que permitem a caracterização do comportamento climático da região.

As séries de dados pluviométricos registrados em muitas das estações apresentam falhas, devido a problemas diversos que ocorreram nestas, mas é peça-chave para a identificação da disponibilidade hídrica da área, pelo menos no que envolve a quantidade de água que precipita e a que evapora, o que explica a sua utilização por Beltrame e Tucci (1998). Estes autores, após o levantamento dos dados meteorológicos, especialmente os de precipitação, aplicaram aos mesmos um modelo hidrológico denominado *IPHMEN*, a partir do qual conseguiram obter uma série histórica completa, isto é, fizeram a *consistência dos dados* para corrigir as falhas anteriormente existentes. As séries históricas de precipitação medidas em cada uma das sub-bacias da Bacia da Lagoa Mirim foram então completadas com o uso deste artifício.

Os procedimentos utilizados pelos autores possibilitaram identificar o comportamento médio e total mensal da precipitação ocorrida em cada uma das sub-bacias da Bacia da Lagoa Mirim ao longo de 30 anos (Quadro 07). Devido às ausências e incertezas na série anterior a 1967, os dados utilizados para a identificação do comportamento da precipitação na sub-bacia do Arroio Fragata não levaram em conta os dados anteriores a este ano.

A sub-bacia do Arroio Pelotas apresentou as maiores pluviosidades médias nos meses de janeiro, fevereiro, julho e setembro. Em todos estes meses os valores foram superiores a 100 mm. Em janeiro, por exemplo, ocorreu uma média de 138,43mm e em fevereiro 145,62mm. O valor mensal de precipitação mais elevado desta sub-bacia foi medido no mês de julho, sendo este igual a 183,5 mm. O ano que apresentou a menor pluviosidade nesta bacia foi 1988, com um total igual a 973 mm, enquanto que em 1992 ocorreram os maiores índices, com total igual a 2.294 mm.

Na sub-bacia do Arroio Fragata verificou-se que, ao longo do período de 30 anos analisado por Beltrame & Tucci (1998), os maiores valores médios de precipitação ocorreram no mês de julho (157,83 mm), seguido por fevereiro (148,81 mm) e setembro (131,96 mm), e o valor médio anual de precipitação foi igual a 1.445 mm. O ano em que ocorreu a maior pluviosidade nesta sub-bacia foi 1987, que apresentou precipitação média igual a 1.796 mm, enquanto que o ano em que ocorreu a menor pluviosidade foi 1988, com apenas 885mm, fato este, talvez, ligado aos fenômenos El Niño e La Niña.

A sub-bacia do Rio Piratini apresenta sérios problemas relacionados a enchentes. Por esta causa, foram instalados em sua área, um conjunto de três postos de medição pluviométrica e fluviométrica, denominadas Ponte do Império (PI), Picada Nova (PN) e Passo do Ricardo (PR). Da análise da série de precipitações ocorridas e medidas nestas estações, pode-se verificar que na de Picada Nova e Passo do Ricardo o ano mais chuvoso foi de 1966 com 2.037 mm e 1.874 mm, respectivamente. Por outro lado, na localidade da Ponte do Império o ano mais chuvoso foi 1992.

Quadron° 07: Parâmetros Hidrológicos de algumas Sub-bacias do Sistema Lagoa Mirim/São Gonçalo.

PARÂMETROS HIDROLÓGICOS	SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS			
	Rio jaguarão	Rio Piratini	Lagoa Mirim- Oeste	Lagoa Mirim- Leste
Chuva Média Anual (mm)	1.270	1.327	1.299	1.203
Coefficiente de Deflúvio Médio Anual (%)	574	599	526	360
Deflúvio Anual Médio ($\times 10^6 m^3$)	3.129	4.145	1,034	21.444
Descarga Específica Média (l/km^2)	18.20	19,00	16,67	11,42
Área da Bacia Considerada (km^2)	5.452	6.917	1.967	59.558
Maior Coeficiente de Deflúvio Médio Mensal (%)	85,96 (Jun)	77,78 (jul)	75,83 (ago)	52,99 (set)
Menor Coeficiente de Deflúvio Médio Mensal (%)	5,05 (fev)	7,55 (fev)	2,78 (fev)	5,05 (fev)
PERÍODO NOVEMBRO a MARÇO				
Chuvas Médias (mm)	474	507	494	454
Evapotranspiração Potencial (ETP) Coef. Thornthwaite (mm)	580	580	580	580
Diferença (Déficit) Chuvas – ETP (mm)	-106	-73	-86	-126

Fonte: HIDROSERVICE (1975, apud CRH-RS/Magna Engenharia,1997:23). Adaptado por Machado (2002, p. 91)

O ano de 1989 foi o menos chuvoso da série medida em Picada Nova e Passo do Ricardo, com uma média de 924,66 mm, valor correspondente a apenas 60% da média que costuma chover na área da bacia do Rio Piratini que é de, aproximadamente, 1.500

mm. O mês mais chuvoso foi julho, que apresentou um valor médio igual a 178,86 mm, enquanto que o menos chuvoso foi dezembro, com valor médio igual a 105,57 mm.

As precipitações médias medidas sobre a Lagoa Mirim apresentaram um comportamento diferenciado do das sub-bacias analisadas até o momento: nesta área o mês menos chuvoso foi abril, que apresentou valor médio igual a 80,96mm. O mês mais chuvoso foi julho, cujo valor médio de precipitação na série foi de 138,46mm. Também sobre a Lagoa Mirim, o ano de 1989 foi o menos chuvoso (731 mm) enquanto que o mais chuvoso foi 1984 (1.801 mm). A média anual deste período de trinta anos foi de 1.212 mm, sendo os valores apresentados nesta área menores que os apresentados nas demais estações analisadas.

Com base nos dados ofertados pelas estações pluviométricas e meteorológicas, verificou-se que as precipitações na área estudada são bem distribuídas ao longo do ano, mesmo nos meses de junho a setembro, em geral, mais chuvosos que os demais e, nos meses de novembro e dezembro, os mais secos. Além disso, verificou-se que as precipitações apresentaram uma tendência crescente durante o período 1966-1995. O trabalho desenvolvido por Beltrame e Tucci (1998), mostrou que a sustentabilidade hídrica da Lagoa Mirim e Canal São Gonçalo, é obtida por precipitações médias anuais, que variam entre 1.100 e 1.450 mm, e que a grande parte da água que chega à bacia da Lagoa por meio das precipitações, é perdida através do escoamento superficial e mesmo pela evaporação que chega a valores iguais a 1.000 mm/ano.

A sustentabilidade hídrica da Bacia da Lagoa Mirim é “ameaçada” pelos altos valores de evapotranspiração e evaporação que ocorrem na área. Tal fato pode ser confirmado a partir da comparação entre a precipitação média local e os valores de evapotranspiração potencial calculados pelo CRH-RS/Magna Engenharia (1997) com a aplicação dos “Métodos” de *Thorntwaite* e *PENMAM*. Com a aplicação do “método” de *Thorntwaite*, os autores verificaram que existem *déficits* consideráveis de chuvas que variam entre 73 e 126 mm nas sub-bacias afluentes ao Canal São Gonçalo. Estes *déficits* podem ser maiores que 400 mm com a aplicação do *Método de PENMAM* como pode ser visualizado no Quadro 08.

Excetuando-se os meses de maio, junho, julho e agosto quando ocorrem os ventos de SW e as temperaturas dos solos são mais baixas, os demais meses do ano apresentam uma exigência relativamente grande de irrigação devido às altas taxas de evaporação (Quadro nº 08).

Quadro nº 08: Normais Agroclimatológicas dos municípios de Pelotas e Capão do Leão, período 1951-1980

MÊS	Temperatura do ar (°C)			Chuvas (mm)		Ventos			Temperatura do solo nú a 5 cm de profundidade	Evapotranspiração de referência Penman (mm)	Necessidade de irrigação (mm)
	Média	Extremas		Total							
		Max	Min			Média	Max.	NE			
Janeiro	23,0	39,4	9,6	120	111	3,4	22	NE	28,7	172	73
Fevereiro	22,7	39,0	8,4	100	114	3,3	24	NE	27,3	139	50
Março	21,4	38,8	5,9	113	127	2,9	26	NE	25,1	107	31
Abril	17,7	35,9	1,3	75	208	2,6	20	SW	20,8	67	27
Mai	14,9	32,8	0,4	77	68	2,4	28	SW	17,3	43	11
Junho	12,6	30,0	-1,5	96	95	2,6	23	SW	13,3	28	4
Julho	12,4	31,8	-2,0	136	82	2,8	21	SW	13,7	33	4
Agosto	13,1	36,4	-1,0	129	103	3,1	22	SW	14,7	49	8
Setembro	15,0	34,5	0,7	132	89	3,7	27	NE	17,4	87	22
Outubro	17,3	34,3	2,6	105	105	4,0	27	NE	21,2	106	43
Novembro	19,2	39,1	5,9	78	78	3,9	26	NE	24,0	147	62
Dezembro	21,6	39,7	7,6	85	98	3,8	23	NE	27,6	172	74
Ano	17,6	39,7	-2,0	1249	80	3,2	28	NE	20,9	1150	409

Fonte: Mota & Oliveira (1978). Adaptado por Machado (2002, p. 100)

O desenvolvimento de um sistema para cálculo do balanço hídrico diário apresentado por Mota e Oliveira (1978) foi adaptado e aplicado no estado do Rio Grande do Sul, permitindo identificar a probabilidade de ocorrência de secas na região em estudo. Com a aplicação deste sistema, verificou-se que as deficiências hídricas ocorrem de três a quatro vezes em cada período de 10 anos, sendo seus efeitos notados em toda a produção agrícola, através dos prejuízos ou quebras que variam entre 12 e 30% da produção em média.

Nos períodos de ocorrência das secas na região estudada, as vazões médias e totais nos rios e arroios diminuem e sua capacidade de assimilação ou autodepuração fica prejudicada, por isso, a necessidade de estabelecimento da relação entre estes fatores para o entendimento do comportamento qualitativo destas águas.

Vazões afluentes no período 1966 – 1995

Com base nos dados de precipitação apresentados, em dados de velocidade da corrente de alguns rios e arroios, bem como as declividades do terreno, Beltrame e Tucci (1998), calcularam séries históricas de vazão para cada uma das sub-bacias afluentes ao Canal São Gonçalo e Lagoa Mirim.

Estas séries históricas de vazão foram obtidas a partir da aplicação do modelo hidrológico mensal IPHMEN desenvolvido no Instituto de Pesquisas Hidráulicas da

Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Com o auxílio deste Modelo os pesquisadores puderam representar o comportamento das vazões dos rios e arroios no período 1967–1995, mas como já referido, os dados pluviométricos, essenciais para fazer rodar o *software*, apresentavam falhas e, por isso, foram necessários, antes da aplicação do Modelo, alguns ajustes nos dados disponíveis, bem como no Modelo.

Os dados de precipitação de algumas áreas não eram conhecidos, por isso, houve a necessidade de estender os valores de outras áreas para estas, levando-se em consideração os dados já disponíveis no período referido. As técnicas utilizadas para isso foram a de *transposição de parâmetros hidrológicos* e a de *regionalização de vazões*. Os autores fizeram a extrapolação de dados para todas as áreas da bacia que não possuíam registros e realizaram o somatório das vazões mensais de entrada no Canal São Gonçalo e Lagoa Mirim, a fim de determinar a série afluyente para o período citado.

Os dezessete pontos de coleta de dados e informações pluviométricas localizavam-se, em geral, no médio curso dos rios e arroios: por isso, os dados disponíveis representavam o comportamento da precipitação ocorrida nestas áreas e as vazões referiam-se às áreas das sub-bacias à montante das estações, não fornecendo os valores totais de vazão para a bacia.

Com a aplicação do método de transposição dos parâmetros hidrológicos, os dados de precipitação conhecidos foram adotados, para as áreas onde os mesmos não existiam, dando possibilidade de geração das séries de vazão correspondentes a toda a área da bacia.

Dentre as sub-bacias afluentes do São Gonçalo e da Lagoa Mirim, nas quais foram aplicadas as transposições dos parâmetros, pode-se destacar a do Rio Piratini, a do Arroio Fragata e a do Arroio Pelotas, que são afluentes diretos do Canal São Gonçalo. A sub-bacia do Rio Piratini, considerando apenas a área localizada a jusante da Estação Passo do Ricardo (31°50'00"S, 52°40'00"W), até o Canal São Gonçalo, drena uma área de aproximadamente 691 km². Para identificar a contribuição hídrica desta área para o canal São Gonçalo, sem levar em consideração a área restante da bacia que tinha dados, utilizou-se uma série de dados de vazões medidas na referida Estação somando-os com vazões calculadas (estimadas) para a área do baixo curso.

A sub-bacia do Arroio Pelotas, que vai da Ponte Cordeiro de Farias (31°35'00"S, 52°27'00"W) até o Canal São Gonçalo, drena uma área de aproximadamente 334 km². Sua contribuição hídrica para o Canal foi identificada a partir do somatório de dados

medidos na Ponte Cordeiro de Farias com dados calculados (estimados) para o restante da sub-bacia.

A sub-bacia do Arroio Fragata, considerando a parte localizada à jusante da Estação Passo dos Carros (31°43'00"S, 52°28'00"W) até o ponto de afluência no Canal São Gonçalo, drena uma área de aproximadamente 330 km². Sua contribuição hídrica para o São Gonçalo foi medida da mesma forma que nas outras sub-bacias.

Para aquelas áreas que não dispunham de dados de vazão e mesmo de precipitação, foram utilizados os dados de outras sub-bacias com área de tamanho semelhante, realizando o que Beltrame e Tucci (1998) denominaram *ponderação pelas áreas de drenagem*.

A maior contribuição hídrica para o Canal São Gonçalo é proveniente do Rio Piratini cujas descargas variam entre 20 m³/s e mais de 60m³/s. A segunda maior contribuição é do Arroio Pelotas, que apresenta vazões médias variando entre 5 m³/s e 20 m³/s; e, como afluente de menor vazão, está o Arroio Fragata, que teve vazões médias menores que 10 m³/s, no período considerado. Ao analisar-se a contribuição hídrica do Arroio Fragata para o canal São Gonçalo deve-se levar em consideração que a estação medidora das vazões existentes neste arroio localiza-se à jusante da barragem de captação de água para o abastecimento público de Pelotas, sendo talvez umas das causas da pequena vazão final.

Dos anos mais secos, o período 1968 a 1976 foi o mais crítico, principalmente, no que se refere à duração. Nos anos de 1989 a 1990, aconteceu uma seca muito forte parecida a uma outra ocorrida na década de 1940, que prejudicou a agricultura e a pecuária e deu destaque à importância dos sistemas de previsão de chuvas e secas para a região em estudo, como também um sistema de planejamento do uso ou gerenciamento da água disponível.

Os procedimentos de transposição dos parâmetros de um modelo hidrológico, regionalização das vazões específicas e correlação entre vazões registradas em diferentes seções de um mesmo curso de água, possuem limitações que podem gerar erros nos resultados obtidos. Desta forma, é aconselhável tomar as séries de afluências ao Canal São Gonçalo e à Lagoa Mirim como valores aproximados, que oferecem incertezas em função da impossibilidade de se reproduzir com exatidão as vazões ocorridas, mas não registradas.

A escassez de dados de evaporação em algumas sub-bacias, as limitações do modelo hidrológico IPHMEN, a consideração da área como sendo homogênea hidrológicamente (para poder transpor os valores de vazão para áreas sem dados

registrados) e a correlação de vazão entre seções diferentes, sem considerar as diferenças e alterações físicas, hidráulicas e temporais, são algumas das limitações oferecidas pelo método aplicado por Beltrame e Tucci (1998). Estas e algumas outras dificuldades encontradas pelos autores ocorreram devido à precariedade dos dados de muitas áreas da bacia da Lagoa Mirim e também pelo fato desta bacia se localizar em dois países (Brasil e Uruguai) com metodologias diferenciadas para a coleta, monitoramento, processamento e distribuição dos dados hidrológicos.

O levantamento da quantidade de água que é drenada em cada uma das sub-bacias que fluem para o São Gonçalo é uma forma de poder estimar a quantidade que passa por este Canal, isto é, a sua vazão, entretanto, há uma fórmula de fácil aplicação com a finalidade de calcular a vazão deste Canal. Com uns poucos dados é possível, a partir dela, calcular a vazão do mesmo, entretanto, em vista da dificuldade de obtenção destes dados para aplicação na fórmula, procurou-se ao longo dos meses de janeiro e julho de 2001 realizar uma série de medições e cálculos para a determinação desta vazão e assim estimar a disponibilidade hídrica deste canal.

Vazões do Canal São Gonçalo em janeiro e julho de 2001

A vazão, ou descarga, de um rio ou canal de drenagem pode ser conseguida por inúmeros métodos, sendo o mais comum o que emprega a equação $Q = A.V$, que representa a relação entre a área (em m^2) da seção transversal do canal e a velocidade da corrente (em m/s), entretanto, em se tratando do Canal São Gonçalo, existe uma fórmula específica para esta finalidade. Esta foi apresentada por Beltrame e Tucci (1998) em seu trabalho acerca da Lagoa Mirim.

$$Q_{\text{São Gonçalo}} = K(h) * (Z(\text{Mirim}) - Z(\text{Patos})/\Delta x)^{1/2}$$

onde:

- **Q_{São Gonçalo}** = vazão do Canal São Gonçalo (m^3/s);
- **K(h)** = Condutância Hidráulica;
- **Z(Mirim)** = Nível na Lagoa Mirim (m);
- **Z(Patos)** = Nível na Laguna dos Patos (m);
- **Δx** = distância entre a Lagoa Mirim e a Laguna dos Patos, que é igual a 72 Km;
- $1/2$ - constante.

Tendo em vista o desconhecimento (de nossa parte) de alguns dos parâmetros exigidos para o cálculo com o uso desta fórmula, decidiu-se que durante os trabalhos de campo seriam realizadas, por meio de flutuadores, as medidas de velocidade da corrente

para, conjuntamente com a medida da área úmida de cada ponto analisado, identificar a vazão correspondente a cada um deles.

A tomada do perfil transversal não foi possível realizar em campo com os equipamentos que dispúnhamos e devido ao fato do mesmo ser muito largo e profundo. Além disso, outras medidas de velocidade deveriam ser realizadas paralelamente, porém, as dificuldades com a embarcação usada, e a falta de um correntômetro não permitiram.

Desta maneira, a área úmida do Canal São Gonçalo, nos trechos de interesse, foi obtida a partir da utilização de perfis originados por meio de sondagens digitais, realizadas por pesquisadores do IPH, no período de 09 de outubro a 25 de dezembro de 1996. Estes perfis foram realizados em número de 15 para o Canal e 40 para a Lagoa Mirim, sendo a distância aproximada entre eles, igual a cinco quilômetros, sendo neste momento mais importante para nós os perfis levantados no Canal.

O zero hidrográfico adotado pelos pesquisadores no levantamento batimétrico foi o *Datum* de Torres, no estado do Rio Grande do Sul e os registros dos níveis de água foram obtidos a partir de linigramas registrados na Estação Fluviográfica de Santa Vitória do Palmar que é administrada pela Comissão Brasileira da Bacia da Lagoa Mirim.

Os perfis levantados tiveram a seguinte distribuição no Canal São Gonçalo (Figura 05):

- **Perfis 1, 2 e 3** – da confluência da Lagoa Mirim no São Gonçalo até a Ilha Pequena;
- **Perfil 4** – à jusante da Ilha Grande;
- **Perfis 5 e 6** – entre a Ilha das Moças e o Rio Piratini;
- **Perfil 7** – à jusante da foz do Rio Piratini;
- **Perfis 8, 9, 10 e 11** – entre a Ilha da Brigadeira e o Arroio Padre Doutor;
- **Perfil 12** – à jusante da Barragem-Eclusa;
- **Perfil 13** – proximidades da Ilha do Malandro (Porto de Pelotas);
- **Perfil 14** – foz do Arroio Pelotas;
- **Perfil 15** – foz (barra) do Canal São Gonçalo na Laguna dos Patos.

Para o cálculo da área úmida e da vazão, não foram utilizados todos os 15 perfis especificados acima: escolheu-se apenas seis deles, por terem sido tomados nas proximidades dos locais escolhidos para a coleta das amostras de água, objeto de estudo de Machado (2002). Os perfis escolhidos correspondem aos números 3, 5, 7, 8, 11 e 14, conforme relação apresentada acima. A localização geográfica de cada um deles, em coordenadas UTM, e a sua correspondência com os pontos de coleta de água citados encontram-se no Quadro 09. Os perfis 3, 5, 7, 8, 11 e 14 levantados por Beltrami e Tucci (1998) no Canal São Gonçalo passarão, a partir deste momento, a serem chamados Pe1,

Pe2, Pe3, Pe4, Pe5 e Pe6, respectivamente, fazendo referência à numeração dos pontos de coleta das amostras de água que foram denominados Po1, Po2, Po3, Po4, Po5, Po6.

A multiplicação das velocidades médias da corrente pelas áreas úmidas calculadas através dos perfis permitiu o cálculo da vazão (em m³/s) em cada um dos locais determinados. Os valores obtidos foram multiplicados por um índice denominado “*Fator de Correção*”, uma vez que foram utilizados flutuadores para a medição da velocidade do fluxo de água. Os resultados obtidos podem ser visualizados nos Quadros nº 10 e nº11.

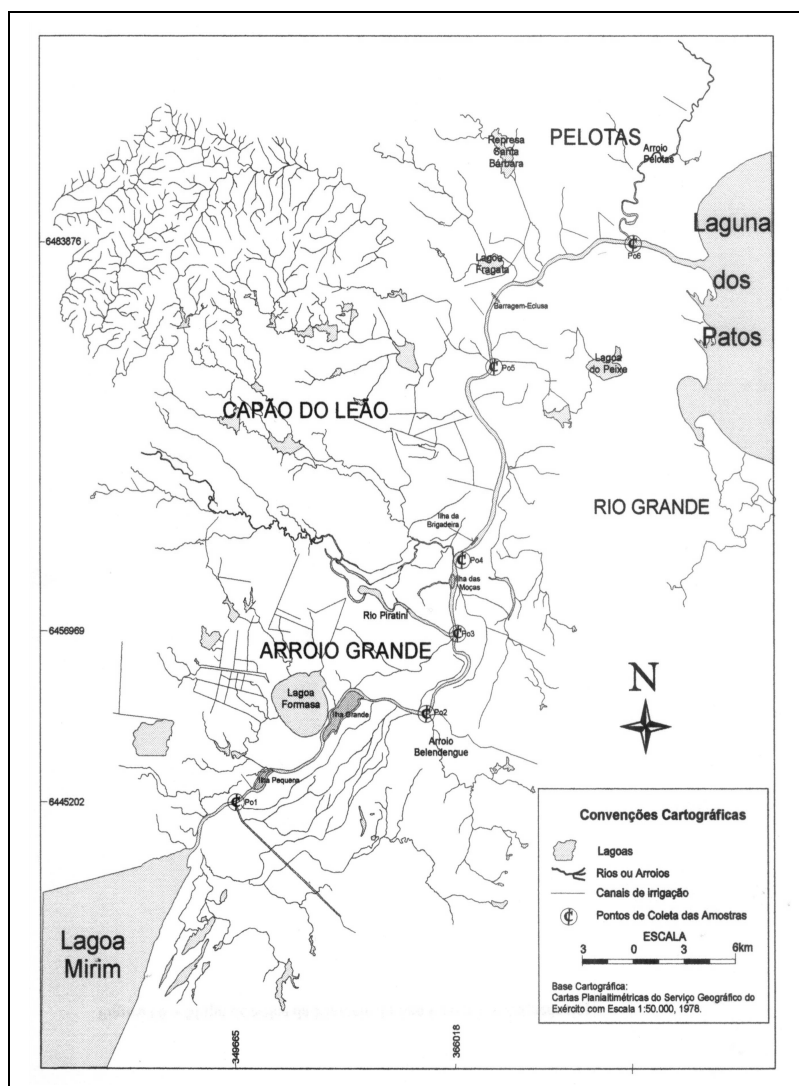
Quadro nº 09: Localização Geográfica dos Perfis e Pontos de Amostragem

Pontos de Amostragem de Água	Perfis de Beltrami e Tucci (1998)	Nova Denominação dos Perfis	Ponto De Referência	Coordenadas UTM dos perfis (Beltrami e Tucci, 1998)	
				X	Y
Po1	3	Pe1	Vila Santa Isabel	3492648,0	6445006,0
Po2	5	Pe2	Arroio Belendengue	3644511,0	6452204,0
Po3	7	Pe3	Rio Piratini	3658803,0	6458831,0
Po4	8	Pe4	Sanga Contrabandista	3683560,0	6464277,0
Po5	11	Pe5	Arroio Padre Doutor	3685660,0	6475290,0
Po6	14	Pe6	Arroio Pelotas	3788310,0	6483764,0

Fonte: Machado (2002, p. 106)

Os pontos que apresentaram maior área úmida foram o Po1 e Po2 devido a sua maior largura em relação aos demais pontos representados nos respectivos perfis. As maiores velocidades da corrente superficial da água, tanto no que se refere às medidas realizadas no mês de janeiro quanto às realizadas em julho, ocorreram nestes dois pontos bem como no ponto Po5. Em todos estes locais as velocidades da corrente superficial de água foram superiores a 0,8m/s.

Figura nº 05: Localização dos Perfis



Fonte: Machado (2002,p. 07)

Com estes dados verificou-se que as maiores vazões, tanto em janeiro quanto em julho de 2001, ocorreram nos pontos Po1 e Po2 seguidos pelo Po5. Os valores de vazão detectados nestes locais variaram entre 529,9m³/s chegando a 701,86 m³/s. No mês de julho as maiores vazões ocorreram nos mesmos locais apresentando, porém, valores diferentes.

Destaca-se aqui que, do ponto Po3 ao ponto Po6, as vazões diminuíram consideravelmente em ambos os meses analisados, possivelmente em função de alterações na velocidade das águas. O ponto Po3, por exemplo, no mês de janeiro de 2001, apresentou vazão igual a 333,16 m³/s, enquanto que o ponto Po6 apresentou vazão corrigida igual a 352,15 m³/s.

Quadro nº 10: Área úmida, Velocidade da corrente e Vazão

		Valores sem o Índice de Correção			
		Janeiro de 2001		Julho de 2001	
Perfil	Área Úmida (m ²)	Velocidade (m/s)	Vazão (m ³ /s)	Velocidade (m/s)	Vazão (m ³ /s)
Pe1	725,0	0,86	623,5	0,83	601,75
Pe2	960,0	0,86	825,6	0,81	777,6
Pe3	427,5	0,68	290,7	0,77	329,2
Pe4	585,0	0,67	391,95	0,77	450,45
Pe5	590,0	0,87	513,3	0,83	489,7
Pe6	567,5	0,73	414,3	0,77	437,0
Média	642,5	0,77	509,9	0,79	514,28

Fonte: Machado (2002, p. 108)

Quadro nº 11: Área úmida, Velocidade da corrente e Vazão Corrigida

		Valores com o Índice de Correção = 0,85			
		Janeiro de 2001		Julho de 2001	
Perfil	Área Úmida (m ²)	Velocidade (m/s)	Vazão (m ³ /s)	Velocidade (m/s)	Vazão (m ³ /s)
Pe1	725,0	0,86	529,97	0,83	511,5
Pe2	960,0	0,86	701,86	0,81	660,96
Pe3	427,5	0,68	247,1	0,77	279,82
Pe4	585,0	0,67	333,16	0,77	382,9
Pe5	590,0	0,87	436,3	0,83	416,24
Pe6	567,5	0,73	352,15	0,77	371,45
Média	642,5	0,77	433,41	0,79	437,14

Fonte: Machado (2002, p. 108)

Considerações Finais

Por meio desta pesquisa, pode-se verificar que a região onde está inserida a Lagoa Mirim e o Canal São Gonçalo apresenta alta disponibilidade hídrica, o que pode ser verificado por meio dos dados de precipitação, vazão e demanda apresentados; entretanto, apresenta também alguns períodos com déficit hídrico particularmente de novembro a março de cada ano, sendo mais acentuado de 3 a 4 vezes em um período de dez anos, ou seja, o déficit hídrico não chega a se caracterizar como seca severa a cada ano.

Esta pesquisa proporcionou detectar que é grande o potencial de desenvolvimento da região, em se tratando de disponibilidade hídrica, devendo-se, entretanto, tomar certos cuidados com relação ao aspecto qualitativo das águas, como mostra Machado (2002) em seu trabalho. Todavia, esse desenvolvimento somente terá o resultado esperado se aumentarmos as relações com o Uruguai, país no qual grande parte da bacia da Lagoa Mirim está inserida.

O aprofundamento das relações entre Brasil e Uruguai possibilitará um planejamento das atividades futuras, o gerenciamento e a gestão das águas e a garantia que este recurso possa ser utilizado sem que se corra o risco de exauri-lo qualitativa ou quantitativamente. Para isso, há a necessidade de uma reestruturação nas formas de uso do solo e na localização de parques industriais.

A análise apresentada permite afirmar, categoricamente, que a solução para os problemas relacionados à falta d'água para o abastecimento público de Pelotas encontra-se no uso das águas do Canal São Gonçalo e que a sustentabilidade hídrica do sistema Lagoa Mirim-Canal São Gonçalo ainda não se encontra ameaçada devido à sua rápida reposição e, talvez, pela sua localização geográfica; porém, há que se tomar os cuidados necessários a fim de assegurar a esta e as futuras gerações esta disponibilidade para atender as demandas existentes.

Por fim, pode-se verificar que a regionalização de vazões, a transposição de parâmetros hidrológicos e a aplicação de modelos do tipo precipitação-vazão, em bacias hidrográficas, são um ótimo meio de solucionar problemas de ausência de dados, bem como para visualizar o comportamento desta bacia; entretanto, não são plenamente confiáveis e, por isso, devem ser usadas e interpretadas criteriosamente.

Referências Bibliográficas

BELTRAME, L. F. S; TUCCI, C. E. M. **Estudo para Avaliação e Gerenciamento da Disponibilidade Hídrica da Bacia da Lagoa Mirim** - Conselho de Recursos Hídricos do Estado do Rio Grande do Sul, Seção Brasileira da Comissão Mista Brasil-Uruguai para o desenvolvimento da Bacia da Lagoa Mirim, IPH/UFRGS, 1988.

CRH - CONSELHO DE RECURSOS HÍDRICOS/RS/Magna Engenharia. **Levantamento Cadastral dos Usuários da Água na Bacia Hidrográfica da Lagoa Mirim, notadamente irrigantes e tomada de Água para abastecimento Público e Industrial** – Divisão de Recursos Hídricos, 250p., 1997.

MACHADO, G. – **Qualidade das Águas no Canal São Gonçalo**. Rio Grande do Sul – Brasil – UFSC - Pós Graduação em Geografia Dissertação de Mestrado, 170p., 2002.

MOTA, F. S. da e OLIVEIRA, M. O. de. **Indicações para Elaboração de um Programa de Computador para Cálculo do Balanço Hídrico Versátil (adaptado de Baier et al., 1972) para uso no Brasil** - Boletim Técnico do Instituto Nacional de Meteorologia Nº 16, págs 23-36, Brasília, DF, 1978.