

ISSN 0104-1347

Disponibilidade hídrica para a Região Norte Fluminense

Water available to the Norte Fluminense Region

Romísio Geraldo Boulid André¹, Valdo da Silva Marques¹ e Francisca Maria Alves Pinheiro¹

Resumo - Neste trabalho o objetivo foi estudar-se a disponibilidade hídrica para a Região Norte Fluminense visando a uma nova classificação climática para o Estado do Rio de Janeiro. Trabalhos anteriores mostram que essa região vem apresentando alterações climáticas devido principalmente às modificações antropogênicas. Foram estimados os balanços hídricos climatológicos para as 14 localidades do Norte Fluminense. Nas estimativas, foram utilizadas médias mensais de temperatura e totais mensais de precipitação, de um período de 30 anos. Foram feitas estimativas de alguns parâmetros derivados do balanço hídrico climatológico que são importantes para as atividades agrícolas da região, tais como o armazenamento de água no solo e armazenamento crítico, estimado por meio de equação proposta pela FAO. Os resultados obtidos indicam que há três regiões distintas quanto ao armazenamento de água durante os meses do ano e que, em duas, dessas está ocorrendo mudanças no regime hídrico.

Palavras-chave: Balanço hídrico climatológico, déficit hídrico, armazenamento crítico.

Abstract - This work aims to get knowledge about the amount of water available to the North Fluminense region in attempting to obtain a new climatic classification for the Rio de Janeiro State. Previous work has showed that it is occurring a climatic change in this region, due to primarily anthropogenic modifications. Some parameters of interest were estimate, for agriculture purposes, using climatological water balance, such as soil water storage and critical storage using the equation that has been proposed by FAO. The meteorological elements used were mean monthly temperature and total monthly rainfall for a period of 30 years for 14 places in the Norte Fluminense. The results have showed that where three regions with different pattern in relation to the soil water content during each month of the year in which two of them presented variations in the water regime.

Introdução

Para compreensão dos processos climatológicos de uma região torna-se necessário um prévio conhecimento de seus diversos fatores, alguns de ordem estática, outros de natureza dinâmica, todos atuando simultaneamente. No caso da Região SE do Brasil e, especificamente o Estado do Rio de Janeiro,

podem-se citar a posição latitudinal e a proximidade do Oceano Atlântico como fatores estáticos do clima. Um outro fator estático de suma importância é a topografia acidentada (NIMER, 1989). Por essas razões, a variabilidade das precipitações é elevada nesta região.

Trabalhos anteriores (MARQUES et al., 2001a, b; ANDRÉ et al.; 2004; XAVIER et al., 2000)

¹Laboratório de Engenharia e Exploração de Petróleo - LENEP/UENF. Rodovia Amaral Peixoto, km 163 - Av. Brenand s/n - Imboassica. 27.925-310 MACAÉ - RJ.

mostram que a região Norte do Estado do Rio de Janeiro vem apresentando alterações climáticas devido, principalmente, às modificações antropogênicas, sendo necessária a realização de estudos que visem à adaptação à nova realidade chegando-se possivelmente a uma real mudança na Classificação Climática nessa região.

A classificação climática disponível no Estado atualmente é a publicada pelo CIDE - Centro de Informações e Dados do Estado (1998), cujo resumo pode ser visto na Figura 1. Nota-se que a região Norte do Estado apresenta-se dividida em duas sub-regiões, uma com clima subúmido (3) e outra com clima seco (4), mais ao norte. Essa classificação foi feita com dados médios de longo prazo, mas, ao se considerar a tendência dos últimos 40 anos, o regime pluviométrico vem diminuindo consideravelmente, inclusive na região de clima subúmido, justificando assim a necessidade de um estudo para verificar uma possível mudança na linha divisória da classificação climática publicada pelo CIDE.

A distribuição média anual de chuvas para o Estado do Rio de Janeiro é bastante variável. Embora os totais anuais de precipitação nas regiões Serras e na parte Sul do Estado sejam elevados, registram-se baixos índices pluviométricos nas regiões Norte, Noroeste e na Região dos Lagos, com variação entre 750 mm e 1250 mm anuais (DNMET, 1992).

MARQUES *et al.* (1994), utilizando dados de 1931 a 1975, obtiveram os seguintes resultados com relação ao balanço hídrico, realizado para algumas localidades do Norte Fluminense: em média, no início da estação chuvosa, geralmente no mês de outubro, a precipitação é utilizada, quase que totalmente, para a reposição hídrica. Com as necessidades de água no solo sendo supridas gradualmente, observa-se, nos meses subsequentes, uma expansão da área com excesso hídrico e atingindo seu máximo em dezembro. Mas, mesmo nesse período de reposição hídrica, as regiões representadas pelas estações de São Fidélis, Campos e São João da Barra não apresentam nenhum mês do ano com excesso

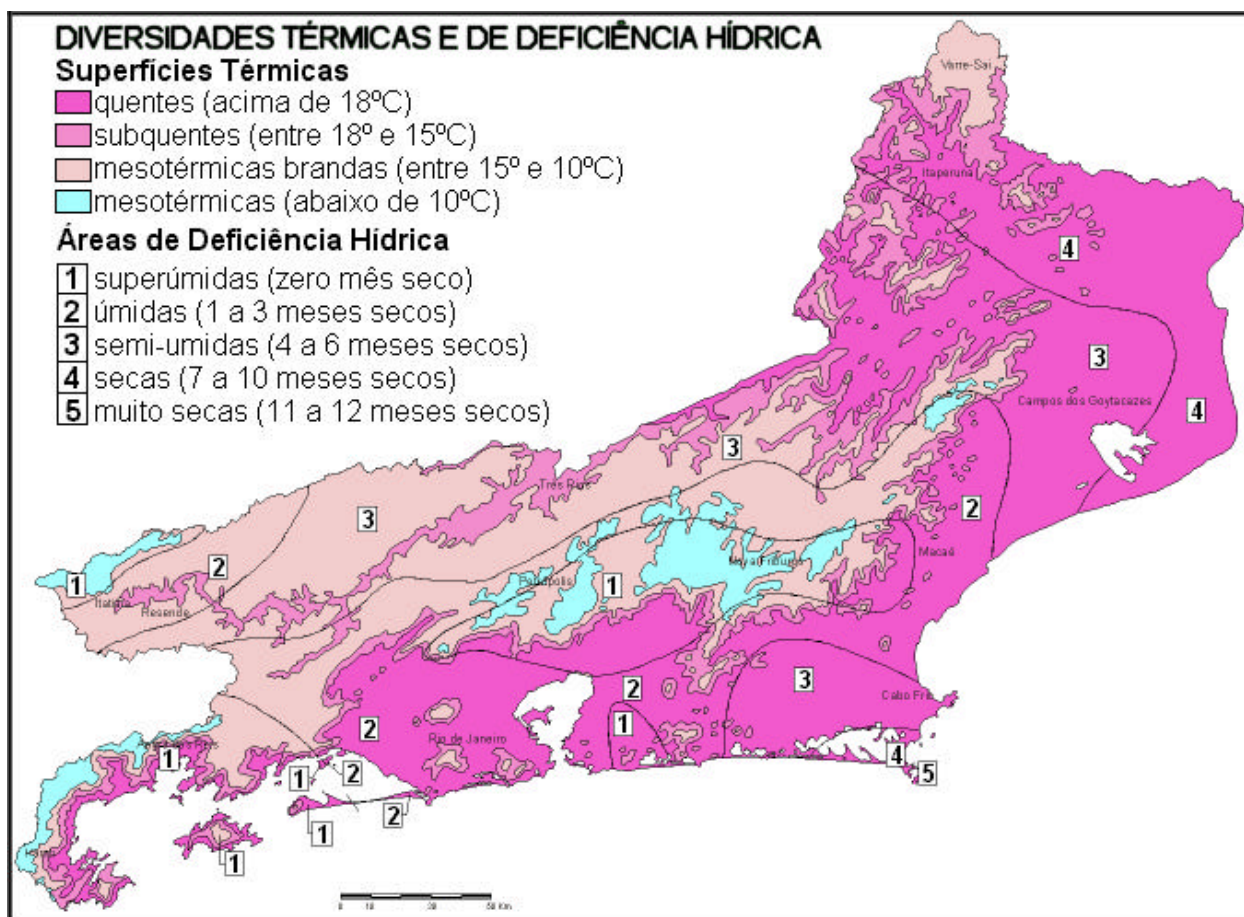


Figura 1. Classificação climática do Estado do Rio de Janeiro (Fonte: CIDE).

hídrico. No período de janeiro a março, evidencia-se gradual redução das áreas de excedente hídrico no Norte do Estado, com lenta diminuição de seus valores absolutos. Nesse período, os municípios de São João da Barra, São Fidélis e Campos já estão com deficiência hídrica. A redução das áreas de excedente hídrico e a expansão cada vez maior das áreas de deficiência hídrica se faz sentir mais acentuadamente no período abril-setembro, sendo a menor precipitação o fator responsável por esse comportamento. O mês de agosto apresenta os maiores valores de deficiência hídrica na região.

XAVIER et al. (2000), analisando as séries normais de 1931/60 e 1961/90 para a estação de Itaperuna, RJ, observou que há indícios de que o clima da região, em torno daquela localidade, está se tornando mais seco e mais quente, sendo classificado como clima megatérmico subúmido seco, com precipitação insuficiente em todas as estações do ano, com base na classificação Climática de Thornthwaite. MARQUES et al. (2001a), analisando séries climatológicas entre 1961 e 2000 para algumas estações da Região Norte do Estado do Rio de Janeiro, constataram que há indícios de que a região vem sofrendo um processo de mudança climática, com transição para clima semi-árido. Em outro estudo ANDRÉ et al. (2004), mostraram, por meio de análise dos índices de aridez e de umidade, que a Região Norte Fluminense vem passando por um processo de transição para clima semi-árido.

Entretanto, para se avaliar detalhadamente se a região em estudo está sofrendo mudanças climáticas, no que se refere ao regime hídrico é necessário

quantificar os défices e excessos de água anuais, isto é o balanço hídrico climatológico. Estudos referentes ao regime térmico serão elaborados posteriormente a este.

Neste trabalho o objetivo foi estudar-se a disponibilidade de água para a Região Norte Fluminense, por meio da determinação sazonal do balanço hídrico climatológico e a delimitação da região para fins de uma nova classificação climática para o Estado do Rio de Janeiro.

Material e métodos

O local do presente estudo concentra-se na região Norte Fluminense de onde foram obtidos dados de temperatura e precipitação de 14 estações meteorológicas, período 1971-2000, pertencentes às redes do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET e da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL (Tabela 1).

Uma vez que não se dispunha de dados de temperatura para todas as 14 localidades, esses foram estimados com uso de regressões múltiplas, levando-se em conta a latitude e a altitude. Para essas estimativas foram utilizados os dados climatológicos de temperatura (compensada, máxima e mínima) de 14 estações meteorológicas da rede do INMET no Estado do Rio de Janeiro, referentes ao período 1973 a 2000.

A evapotranspiração potencial mensal (ETP) foi calculada utilizando-se o método de Thornthwaite(1948), apud PEREIRA et. al.(1997) e, no cálculo do balanço hídrico, foi utilizado o método

Tabela 1. Relação das estações meteorológicas do Norte Fluminense.

Localidades	Latitude (S)	Longitude (O)	Altitude (m)
Campos	21° 44'00"	41° 19'00"	11
Cardoso Moreira	21° 29'31"	41° 36'49"	20
Dois Rios	21° 38'36"	41° 51'31"	50
Farol de São Tomé	22° 02'33"	41° 03'20"	2
Fazenda Oratório	22° 15'33"	41° 59'03"	50
Itaperuna	21° 12'00"	41° 54'00"	128
Macabuzinho	22° 04'39"	41° 42'32"	19
Porciuncula	20° 57'48"	42° 02'14"	188
Santo .Antonio de Pádua	21° 32'31"	42° 10'57"	70
São Fidelis	21° 39'00"	41° 44'00"	74
S.Fco..De Paula das Cacimbas	21° 28'58"	41° 06'12"	15
Tres Irmãos	21° 37'36"	41° 53'09"	9
Usina Quissamã	22° 06'22"	41° 28'16"	15
Varre-Sai	20° 55'51"	41° 51'00"	650

de THORNTHWAITE & MATHER (1955). Adotou-se a capacidade de água disponível (CAD) de 125mm, correspondente ao conteúdo de água armazenada no solo para uma profundidade efetiva das raízes de 100 cm. Os cálculos dos balanços hídricos para as 14 localidades foram realizados utilizando-se o Software desenvolvido por SENTELHAS *et al.* (1999). Além disso, foi obtido o armazenamento crítico (ARMc), dado pela equação:

$$\text{ARMc} = (1-p) \text{CAD} \quad (1)$$

em que p é a fração da capacidade de água prontamente disponível no solo, na qual a evapotranspiração real mantém-se igual à evapotranspiração potencial ou de referência (DOORENBOS & KASSAM, 1979).

A equação para o cálculo da fração p foi ajustada a partir de dados publicados pela FAO, utilizando-se da evapotranspiração média diária (ETPd), obtida de valores mensais divididos pelo número de dias do mês, conforme sugerido por BRAGA & VILLA NOVA (1983).

$$p = 0,9696 \exp(-0,118 * \text{ETPd}) \quad (2)$$

Resultados e discussão

Os resultados dos défices e do excesso anual de água no solo estão representados na Tabela 2. O valor precedido do símbolo (-) significa que a contabilidade entre o excesso e o déficit indica que, nesses casos, a água retirada do solo foi maior que sua reserva útil. Observa-se que as localidades de Campos, Cardoso Moreira, Dois Rios, Farol de São Tomé,

Macabuzinho, São Fidelis, São Francisco de Paula, Três Irmãos e Quissamã apresentam défices hídricos em praticamente todos os meses do ano, com excesso zero.

Itaperuna, Porciúncula e Santo Antonio de Pádua apresentam défices hídricos, em vários meses do ano, porém bem menores do que as localidades anteriores. Fazenda Oratório e Varre-Sai possuem pequenos défices hídricos anuais, o que torna essas localidades diferentes das citadas anteriormente. Fazenda Oratório, Itaperuna, Porciúncula, Santo Antonio de Pádua e Varre-Sai apresentam excessos hídricos anuais. Esses excessos aparecem no verão para Fazenda Oratório e Varre-Sai e, apenas em janeiro e dezembro, para as outras três localidades.

Observando-se a Figura 2 pode-se notar três regiões distintas. Em uma delas, situada mais a Nordeste do Estado, as localidades estudadas apresentam grandes défices anuais e excesso nulo. Em uma outra região, mais a Noroeste de Estado, os défices anuais são pequenos e, em alguns meses do ano, há excesso de água no solo. Finalmente, no extremo Norte (tendo como representante Varre-Sai) e o ao Sul (representada por Fazenda Oratório, em Macaé), ocorre excesso de água em praticamente todo o ano.

Analisando os dados da Tabela 3 pode-se considerar quatro grupos de localidades. O primeiro compreendendo as estações de Campos, Cardoso Moreira, Farol de São Tomé, Macabuzinho, Quissamã e São Francisco de Paula, nelas o armazenamento de água no solo permanece abaixo do armazenamento crítico, em todos os meses do ano. Considera-se que essas localidades possuem forte deficiência de água no solo, durante o ano. O segundo grupo engloba as lo-

Tabela 2. Défices (DEF), excessos (EXC) anuais, para as localidades do Norte Fluminense, período 1971-2000.

Localidades	Município	DEF (mm)	EXC (mm)	ANO (mm)
Campos	Campos	369,5	0,0	(-369,5
Cardoso Moreira	Cardoso Moreira	406,3	0,0	(-406,3
Dois Rios	São Fidelis	296,8	0,0	(-296,8
Farol de São Tomé	São Tomé	427,0	0,0	(-427,0
Fazenda Oratório	Macaé	24,9	252,9	228,0
Itaperuna	Itaperuna	142,3	85,1	(-57,2
Macabuzinho	Conceição de Macabú	229,5	0,0	(-229,5
Porciúncula	Porciúncula	94,8	114,1	19,3
Santo Antônio de Pádua	Santo Antonio de Pádua	184,0	43,2	(-140,8
São Fidelis	São Fidelis	210,0	0,0	(-210,0
S. Francisco de Paula	São Francisco de Itabapoana	530,4	0,0	(-530,4
Três Irmãos	Cambuci	249,8	0,0	(-249,8
Usina Quissamã	Quissamã	379,1	0,0	(-379,1
Varre-Sai	Varre-Sai	14,8	399,4	384,6



Figura 2. Espacialização do déficit e do excesso hídrico para a região Norte do Estado do Rio de Janeiro.

calidades de Dois Rios, São Fidelis e Três Irmãos, em que o armazenamento de água no solo fica abaixo do armazenamento crítico em alguns meses do ano, principalmente durante o inverno, quando as chuvas são mais escassas. Considera-se que essas localidades possuem deficiência moderada de água no solo. No terceiro grupo estão Itaperuna, Porciúncula e Santo Antonio de Pádua nas quais o armazenamento de água no solo só é menor que o armazenamento crítico, durante uns poucos meses, no período de inverno. Essas localidades possuem, portanto, uma leve deficiência de água no solo. Finalmente, as localidades de Fazenda Oratório (Macaé) e Varre-Sai em que o armazenamento de água no solo permanece acima do armazenamento crítico durante todos os meses do ano.

Os resultados da Figura 3 evidenciam, mais uma vez, que a porção Leste da região em estudo apresenta armazenamento de água abaixo do armazenamento crítico, em todos os meses do ano. À Noroeste do Estado o armazenamento de água quase sempre está acima do armazenamento crítico. Há ain-

da uma região de transição entre o Leste e o Noroeste (representada pelas localidades de São Fidelis, Dois Rios e Três Irmãos) nas quais o armazenamento de água está abaixo do armazenamento crítico em apenas alguns meses do ano.

A comparação entre as Figuras 1, 2 e 3 indica que a região, antes classificada como de clima subúmido (região 3 da Figura 1), apresenta déficits hídricos em alguns meses do ano e, também, armazenamento de água abaixo do crítico em alguns meses do ano. A região, antes classificada como de clima seco (região 4 da Figura 1), apresenta déficits hídricos em todos os meses do ano e, também, armazenamento de água abaixo do crítico em todos os meses do ano. Isso indica que tanto a região (3) como a (4) da Figura 1 vêm passando por um processo de mudança climática, com uma nítida expansão dessa última o que vem reforçar a necessidade de se proceder a uma nova Classificação Climática para o Estado do Rio de Janeiro.

Tabela 3. Armazenamento de água no solo (ARM) e armazenamento crítico (ARMc), em mm, para as 14 localidades do Norte Fluminense.

Meses	Campos		C.Moreira		Dois Rios		Farol.S.Tomé		Faz.Oratório	
	ARM	ARMc	ARM	ARMc	ARM	ARMc	ARM	ARMc	ARM	ARMc
JAN	17,6	58,0	30,4	60,3	68,0	59,4	0	60,4	125,0	59,0
FEV	9,1	59,2	15,7	60,6	46,7	59,6	0	60,6	109,3	59,2
MAR	6,0	54,8	10,3	55,2	32,3	54,3	0	55,2	125,0	53,9
ABR	4,5	46,0	7,0	46,4	20,8	45,7	0	45,9	125,0	44,9
MAI	3,1	37,5	4,8	35,9	15,4	35,4	0	36,2	105,7	35,5
JUN	2,3	31,5	3,4	29,3	11,4	29,0	0	30,0	88,5	28,7
JUL	1,8	30,4	2,4	28,9	8,1	28,5	0	29,5	78,8	29,0
AGO	1,2	33,4	1,7	33,2	5,5	32,8	0	33,2	62,8	32,3
SET	1,1	36,7	1,4	38,8	4,3	37,9	0	37,6	89,6	35,3
OUT	3,0	42,9	1,1	45,7	3,9	44,6	0	44,5	110,8	42,8
NOV	26,4	49,1	28,5	50,7	30,4	50,0	0	50,3	125,0	47,7
DEZ	24,8	54,8	39,3	56,5	72,4	55,7	0	56,6	125,0	55,0

Meses	Itaperuna		Macabuzino		Porciúncula		Quissamã		S.Ant..Pádua	
	ARM	ARMc	ARM	ARMc	ARM	ARMc	ARM	ARMc	ARM	ARMc
JAN	125,0	57,1	21,9	59,9	125,0	56,2	1,9	59,9	125,0	58,9
FEV	89,4	57,4	16,3	60,2	108,0	56,0	1,1	60,2	93,5	58,7
MAR	77,4	52,3	12,7	54,8	125,0	51,5	0,7	54,8	68,0	53,9
ABR	68,7	44,0	10,4	45,6	116,4	43,4	0,5	45,6	52,3	45,3
MAI	53,4	34,6	8,3	36,0	88,7	33,5	0,4	36,0	39,0	35,2
JUN	39,2	27,9	6,6	29,8	64,9	26,9	0,4	29,8	28,8	28,8
JUL	29,7	28,3	5,1	29,4	47,8	26,5	0,3	29,4	20,1	28,4
AGO	20,8	32,4	3,6	33,0	33,1	31,4	0,2	33,0	14,3	32,6
SET	17,7	36,3	3,5	37,0	27,0	37,6	0,2	37,0	12,1	37,6
OUT	16,9	43,7	3,4	43,7	30,0	44,3	0,2	43,7	11,6	44,7
NOV	87,0	47,3	18,5	50,0	78,4	48,6	3,5	50,0	67,2	49,6
DEZ	125,0	53,5	25,6	56,2	125,0	53,2	3,1	56,2	125,0	55,2

MESES	S.F. Paula		São Fidelis		Três Irmãos		Varre-Sai	
	ARM	ARMc	ARM	ARMc	ARM	ARMc	ARM	ARMc
JAN	0	60,7	116,8	58,5	99,3	59,8	125,0	47,2
FEV	0	60,6	88,5	59,2	67,9	59,7	125,0	46,6
MAR	0	55,6	66,5	56,0	53,3	54,8	125,0	42,9
ABR	0	46,7	46,4	44,5	36,0	45,7	125,0	36,2
MAI	0	36,2	33,6	36,1	25,8	35,7	119,1	28,2
JUN	0	29,6	25,3	29,8	18,7	29,2	104,1	22,7
JUL	0	28,8	17,8	29,1	13,0	28,8	96,0	22,4
AGO	0	33,5	12,5	33,1	8,9	32,7	78,0	26,8
SET	0	38,7	10,1	38,1	7,0	37,8	73,7	32,3
OUT	0	45,6	9,2	45,4	6,4	45,0	103,1	38,4
NOV	0	51,1	36,8	50,8	37,9	49,9	125,0	41,9
DEZ	0	56,9	99,7	55,7	83,9	55,7	125,0	44,5

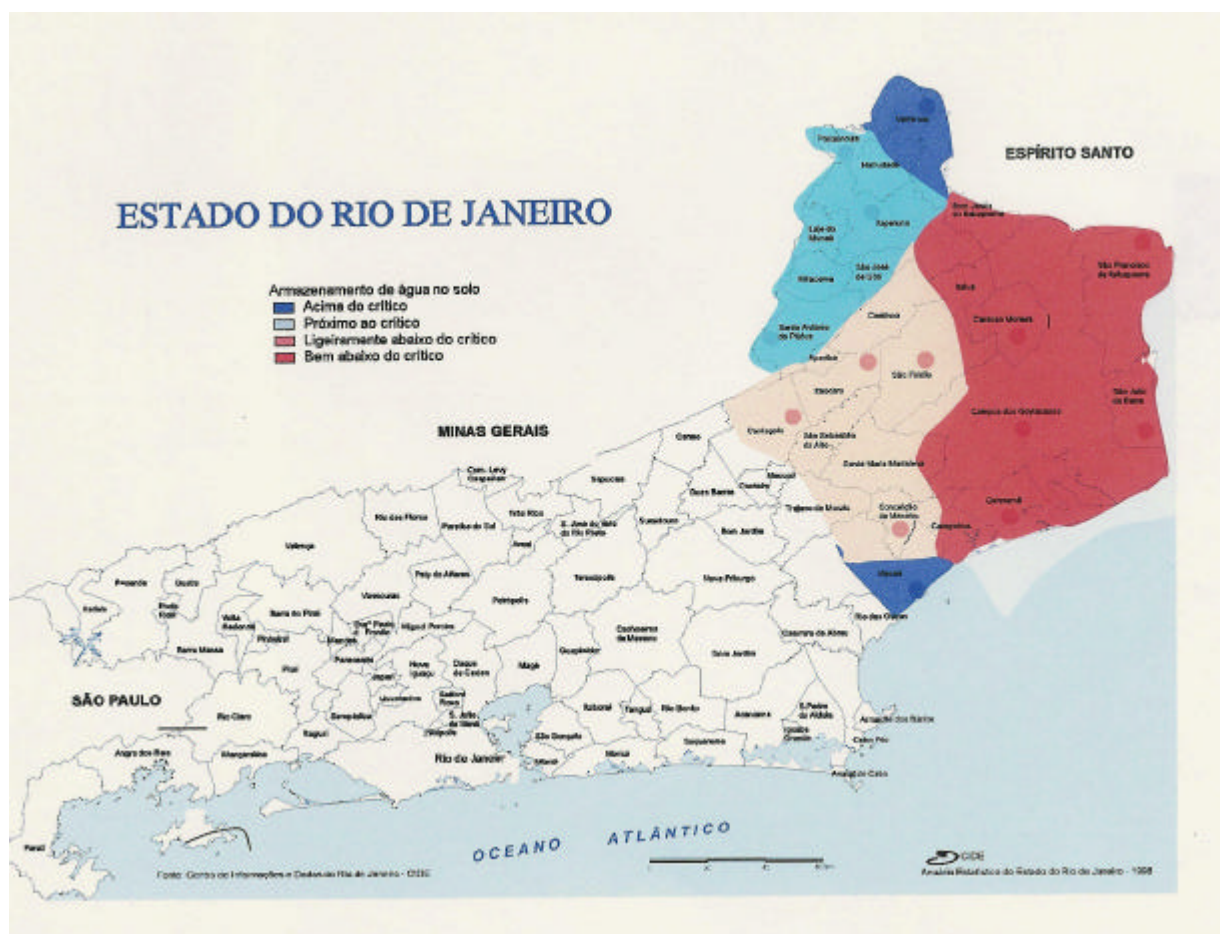


Figura 3. Espacialização do armazenamento de água no solo para a região Norte do Estado do Rio de Janeiro.

Conclusões

1. A região, representada pelas localidades de Campos, Cardoso Moreira, Dois Rios, Farol de São Tomé, Macabuzinho, São Fidelis, São Francisco de Paula, Três Irmãos e Quissamã, apresenta défices hídricos anuais acentuados e excessos zero, bem como armazenamento de água abaixo do crítico em todos os meses do ano.
2. A região, representada pelas localidades de Itaperuna, Porciúncula, Santo Antonio de Pádua, apresenta pequenos défices e excessos anuais, bem como armazenamento de água abaixo do crítico em alguns meses do ano.
3. No extremo Norte e no Sul da região, o armazenamento de água está acima do armazenamento crítico.
4. Existem indícios marcantes de que a região representada pelas localidades listadas nos itens 1 e 2 vêm passando por uma mudança de condições cli-

máticas, com respeito ao regime hídrico, o que justifica a realização de uma nova Classificação Climática para o Estado do Rio de Janeiro.

Referências bibliográficas

- ANDRÉ, R.G.B.; MARQUES, V.S.; PINHEIRO, F.M. Índices de aridez e de umidade para a região Norte Fluminense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13., 2004, Fortaleza, CE. **Anais...**, Fortaleza: SBMET, 2004. CD-ROM.
- BRAGA, H.J.; VILLA NOVA, N.A. Caracterização da seca agrônômica através de novo modelo de balanço hídrico, na região de Laguna, litoral Sul do Estado de Santa Catarina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 3, 1983, Campinas, SP. **Anais...**, Campinas: SBAGRO, 1983. p. 283-309.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Normais Climatológicas (1961-1990)**. Brasília: Departamento Nacional De Meteorologia– SNI/MARA, 1992, 85 p.

- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Yield response to water**. Rome : FAO, 1979. 212 p. (Irrigation and Drainage paper, 33).
- ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Território**. Rio de Janeiro: Fundação CIDE, 1998, 80 p.
- MARQUES, V. S. et al. **Alguns padrões climáticos para o Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: UFRJ, 1994. ?? p. (Relatório Técnico).
- MARQUES, V.S. et al. **Possíveis modificações na classificação climática das regiões Norte e Noroeste do estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: TECNORTE. 2001a, 15 p. (Relatório Técnico).
- MARQUES, V.S., SUCHAROV, E.C., ANDRÉ, R.G.B. **Avaliação das condições hídricas do município de Campos dos Goytacazes**. Rio de Janeiro: TECNORTE, 2001b, 11 p (Relatório Técnico).
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, 1989. 422 p.
- PEREIRA, A., R; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapotranspiração**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1997, 183 p.
- SENTELHAS, P.C., et al. **Balanços hídricos climatológicos do Brasil**. - Piracicaba – SP: ESALQ/USP, 1999. CD-ROM.
- THORNTHWAITE, C.W., MATHER, J.R. **The water balance**. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 1955. 104 p
- XAVIER, M. C. A.; PAIVA, C. M.; ALVES, G. S.: Classificação e índice de mudança climática em Itaperuna, RJ. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10.,2000, Rio de Janeiro, RJ. **Anais...**, Rio de Janeiro: SBMET, 2000.