

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 FUNÇÕES DE PROBABILIDADE**

As funções de probabilidade que melhor se ajustaram aos dados de deficiência hídrica do solo para períodos mensais foram a log-normal, exponencial e gama (exemplos estão nos Anexos II, com BH diário, e III e IV com BH mensal, respectivamente) e para períodos decendiais foram a gama, log-normal e exponencial (Anexo V). Em muitos casos foi necessário transformar as variáveis em raiz quadrada ou raiz cúbica de seu valor para que houvesse ajuste através de uma dessas funções aos dados. Mesmo assim em alguns meses e também em vários decêndios e quinqüídios, não houve ajuste. Outro fato constatado em alguns casos foi o de que ocorreram ajustes estatisticamente significativos e, mesmo assim, a estimativa com a função que melhor se ajustou resultou em probabilidades com tendência de desvio em relação às probabilidades estimadas para os demais solos com diferentes capacidades de armazenamento de água no perfil explorado pelas raízes da vegetação nativa.

Da análise de probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica nos decêndios, resultou que a função log-normal se ajustou melhor na maioria dos casos, principalmente nos meses de setembro a março. Nos meses de final de outono, inverno e início de primavera a frequência de utilização das funções exponencial e gama aumentou, principalmente da exponencial, que apresentou ajuste predominante ou com frequência similar à função log-normal nesses meses de menor deficiência. Para períodos mensais, a função gama não se ajustou. A função exponencial se ajustou melhor na maioria dos meses, não havendo ajustes com a função log-normal nos meses de maio a setembro, quando o valor de ETP utilizado foi obtido pelo método de Thornthwaite, e ocorrendo baixa frequência quando a ETP foi obtida pelo método de Penman-Monteith.

### **4.2 PROBABILIDADES DE OCORRÊNCIA DE DEFICIÊNCIAS MÁXIMAS ACUMULADAS DURANTE PERÍODOS CONTÍNUOS SEM CHUVA ATÉ QUALQUER DATA NO MÊS**

Nas Figuras 7 a 16 são apresentadas as probabilidades de ocorrência de deficiência hídrica máxima acumulada (DHM) de períodos contínuos sem chuva até qualquer data dos doze meses do ano, para os solos da região central do Rio Grande do Sul, cuja CAD variou de 40mm (solo Charrua) a 215mm (solo Cerrito). Esses dados

diferem ligeiramente dos dados de deficiência hídrica total do mês, isto é, da deficiência acumulada apenas dentro do mês, o que é discutido no item 4.3.

Os valores de probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica, obtidos com a análise estatística de probabilidade (Figuras 7 a 16), permitem verificar que na região central do Rio Grande do Sul, nos períodos de abril a agosto, em geral, não há risco de deficiência hídrica significativa, principalmente nos solos com maior capacidade de armazenamento de água disponível (CAD), e que, nos meses de junho e julho o risco é praticamente nulo. Nos meses de dezembro e janeiro o risco é máximo considerando o período anual, e entre esses dois períodos extremos, as probabilidades decrescem no outono e são crescentes na primavera. Eventuais desvios dessa tendência ao longo do ano (Figuras 7 a 13 e 15), são decorrentes da utilização de modelos de probabilidade distintos, pois, sempre foi utilizado o modelo que melhor se ajustou, embora o mesmo não apresentasse rigidamente a mesma resposta que os modelos diferentes dos meses adjacentes. Por essa razão, na análise dos resultados, esses desvios de tendência eventual, ocorridos, principalmente, em fevereiro e, algumas vezes, em janeiro, foram desconsiderados na discussão, optando-se por considerar valores de probabilidade empírica e ou de tendência em relação às probabilidades dos meses adjacentes.

Nas figuras 7 e 8 (solos Charrua, Ciríaco e Guassupi), observa-se que a probabilidade de ocorrência de DHM maior do que 50mm ( $DHM > 50\text{mm}$ ) é da ordem de 18% nos meses de dezembro e janeiro, 10% em novembro e menor do que 5% nos demais meses, sendo praticamente nula de abril a setembro. Para deficiências máximas maiores do que 40mm ( $DHM > 40\text{mm}$ ) a probabilidade aumenta para 27 a 28% em janeiro e dezembro, 16% em novembro, 4 a 8% nos meses de fevereiro a abril e de cerca de 3% em outubro, continuando nula nos demais meses. Para níveis de  $DHM > 20\text{mm}$  por mês, a probabilidade é maior, alcançando 60 a 62% dos anos em janeiro e dezembro, 39% em novembro, 25% em fevereiro e março, 13 a 15% em abril e outubro e menor do que 1% nos meses de maio e setembro, sendo praticamente nula de junho a agosto. Níveis de deficiência menores ( $DHM > 10\text{mm}$ ) ocorrem com probabilidade de cerca de 20 a 30% maior do que para  $DHM > 20\text{mm}$ . Os valores de DHM maiores do que 5mm ( $DHM > 5\text{mm}$ ), tem probabilidade de ocorrência maior do que 96% dos anos em janeiro, maior do que 98% em dezembro e de 71 a 85% em fevereiro, março, outubro e novembro. No mês de abril é de 57%, para  $CAD = 45\text{mm}$  e de 61%, para  $CAD = 40\text{mm}$ . Em setembro oscila entre 43 e 51%, em maio e agosto entre 10 e 14% e é menor do que 1,5% nos meses de junho e julho para as duas CADs. Para esses solos de baixa capacidade de armazenamento, a probabilidade de ocorrer 1mm

de deficiência é maior do que 95% de setembro a abril e de 30 a 35% em junho e julho. No entanto, deficiências da ordem de grandeza, entre 1mm e 5mm não produzem estresse significativo nas espécies naturais, adaptadas às condições ambientais da região e, portanto, são colocadas no resultado apenas para indicar a diferença entre níveis de  $DHM > 5\text{mm}$  e  $DHM > 1\text{mm}$ .

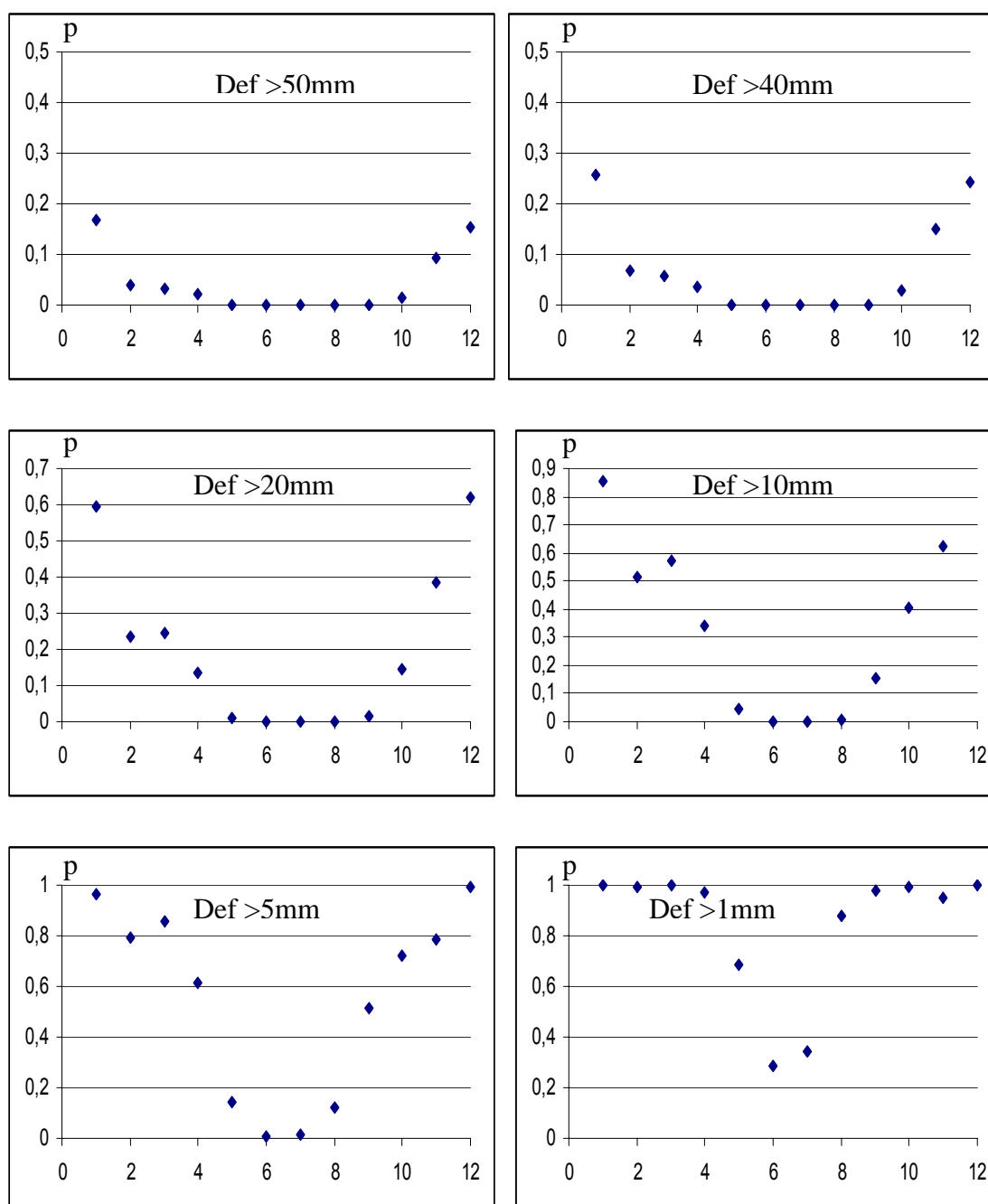


FIGURA 7 – Probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica máxima acumulada em períodos contínuos de deficiência em qualquer data do mês, maior do que 50, 40, 20, 10, 5 e 1 mm, no solo Charrua (Neossolo lítico eutrófico chernossólico) sob vegetação natural, com capacidade de armazenamento de 40mm até 20 cm de profundidade, na região Central do Rio Grande do Sul.

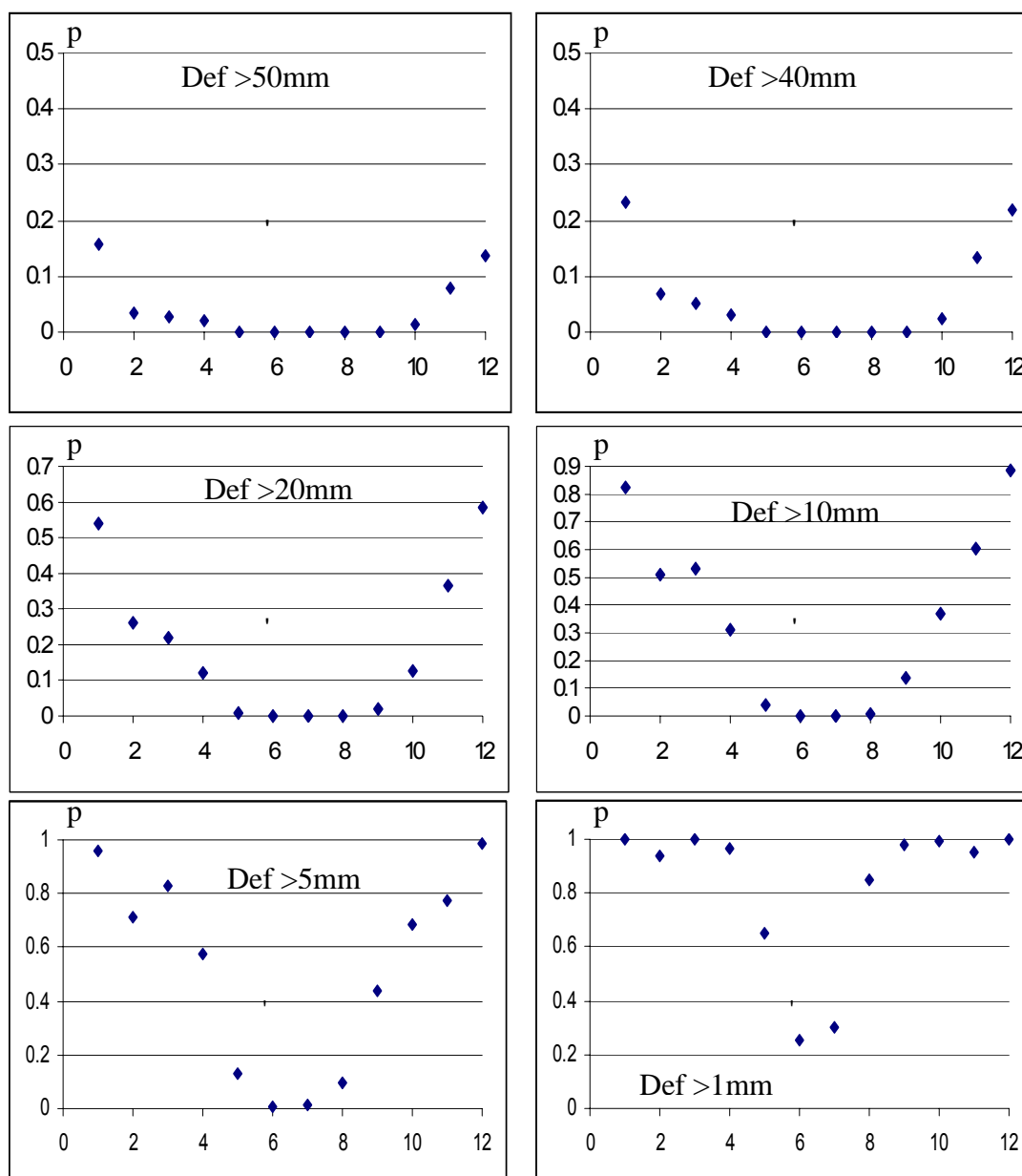


FIGURA 8 – Probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica máxima acumulada em períodos contínuos de deficiência em qualquer data do mês, maior do que 50, 40, 20, 10, 5 e 1 mm, no solo Ciríaco (Chernossolo argilúvico férrico típico) até 48 cm de profundidade, e Guassupi (Neossolo litólico distrófico típico) até 20 cm de profundidade, sob vegetação natural, com capacidade de armazenamento de 45mm, na região Central do Rio Grande do Sul.

Para os solos Julio de Castilhos (Figura 9) e para as áreas de solo “Guassupi profundo” (profundidade maior que o Guassupi normal: 40cm), Figura 10, que possuem uma CAD apenas 20mm maior do que a dos solos Charrua e Guassupi e Ciríaco, respectivamente, as probabilidades de ocorrência dos diferentes níveis de

DHM já apresentaram redução. No mês de janeiro, níveis de DHM>50mm apresentam risco de ocorrer entre 11 e 13% e em dezembro entre 9,5 e 10,5% dos anos. Nos meses de novembro e fevereiro o risco é da ordem de 4,5 a 6,0% e nos demais meses menor do que 3%, sendo praticamente nulo de maio a setembro.

Para DHM>40mm, a probabilidade para os dois solos é de 18 a 19% em janeiro, 16 a 17% em dezembro, 8 a 9,5% em novembro, 7% em fevereiro, 2 a 3% em março e abril, 1,5% em outubro e praticamente nula nos demais meses. Valores de DHM>20mm, têm probabilidades de ocorrência praticamente duplicadas em relação a DHM>40mm, nos meses mais quentes, alcançando o triplo em alguns meses mais frios. DHM>10mm apresentam probabilidade de aproximadamente 76% em janeiro, 80 a 82% em dezembro, 54 a 58% em outubro e novembro e 35 a 46% em fevereiro e março. Após, aproximam-se de 25% em abril, 10% em maio, 5% em agosto e são menores do que 1% dos anos nos dois meses mais frios.

Os solos da unidade de mapeamento Venda Grande (CAD = 95mm), apresentam probabilidade de ocorrência de DHM>50mm bastante baixa, alcançando apenas 7,3% dos anos em janeiro, cerca de 6,0% em dezembro e fevereiro, 3,6% em novembro e menos do que 1% nos demais meses (Figura 11). Valores de DHM>40mm, podem ser esperados com uma probabilidade de 12,4% em janeiro, 10,6% em dezembro, 5,7% em novembro e fevereiro e menor do que 1% nos demais meses, enquanto que DHM>20mm apresentam risco de ocorrer em 38% dos anos em janeiro, 35% dos anos em dezembro, 18 a 29% em novembro e fevereiro, 8% em março, 4 a 6% em abril e outubro e em menos do que 0,5% dos anos nos demais meses. Para deficiências de 10mm ou mais nesse solo, a probabilidade é de cerca de 60% em janeiro e dezembro, 40% em novembro, 30 a 32% em fevereiro e março, 16,5% em abril e outubro, 2 a 3% em maio e setembro e praticamente nula nos demais meses. Portanto, a redução da probabilidade de ocorrência dos diferentes níveis de deficiência desse solo em relação aos solos de menor CAD, é da ordem de 10% (DHM>50mm) até 40 a 60% para os menores valores de DHM.

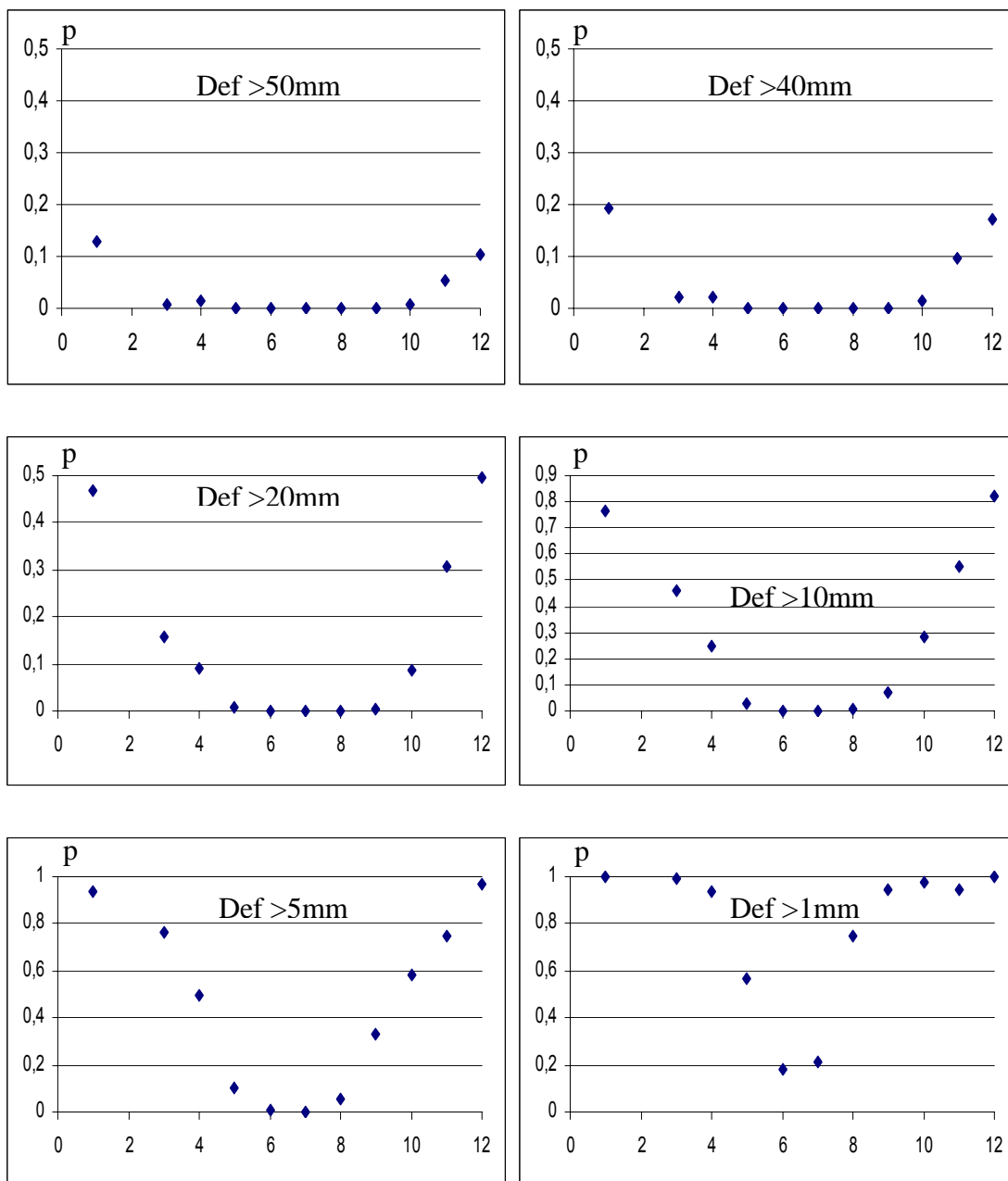


FIGURA 9 – Probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica máxima acumulada em períodos contínuos de deficiência em qualquer data do mês, maior do que 50, 40, 20, 10, 5 e 1 mm, no solo Júlio de Castilhos (Argissolo vermelho amarelo aluminico típico), até 60 cm de profundidade, sob vegetação natural, com capacidade de armazenamento de 60mm, na região Central do Rio Grande do Sul.

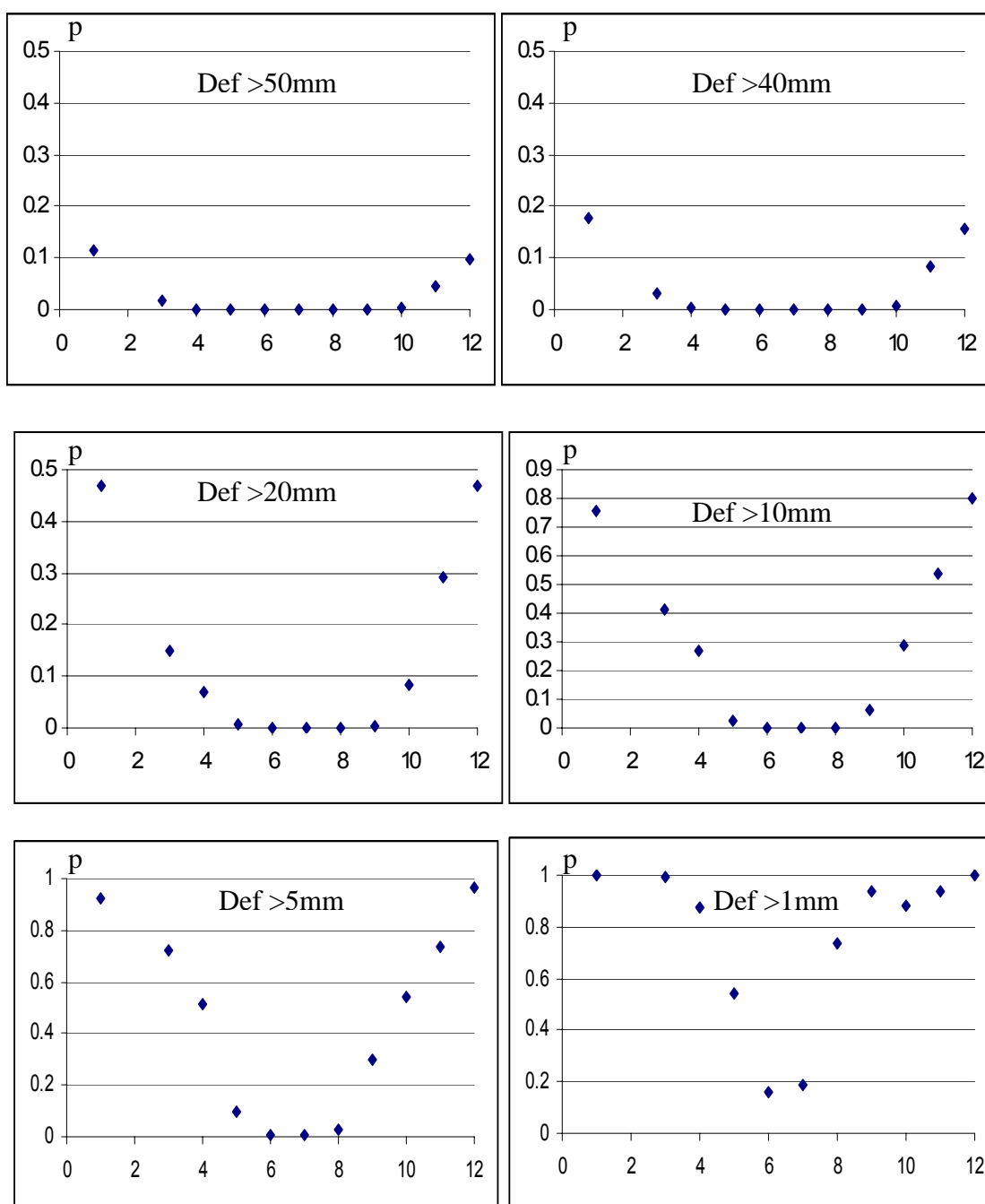


FIGURA 10 – Probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica máxima acumulada em períodos contínuos de deficiência em qualquer data do mês, maior do que 50, 40, 20, 10, 5 e 1 mm, no solo Guassupi (Neossolo litólico distrófico típico) até 40 cm de profundidade, sob vegetação natural, com capacidade de armazenamento de 65mm, na região Central do Rio Grande do Sul.

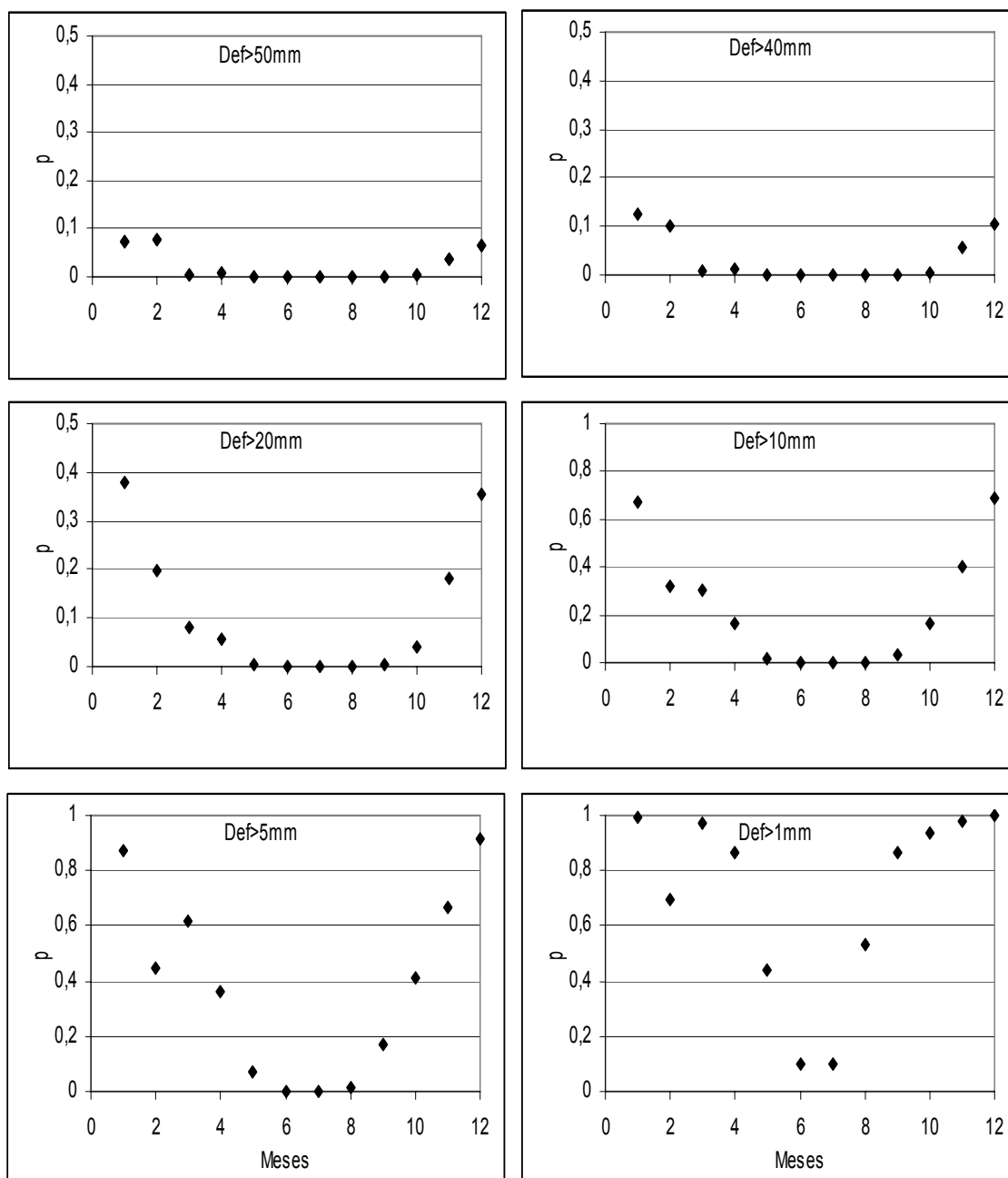


FIGURA 11 – Probabilidade (p) de ocorrência de deficiência hídrica máxima acumulada em períodos contínuos de deficiência em qualquer data do mês, maior do que 50, 40, 20, 10, 5 e 1 mm, no solo Venda Grande (Chernossolo argilúvico órtico saprolítico) até 75 cm de profundidade, sob vegetação natural, com capacidade de armazenamento de 95mm, na região Central do Rio Grande do Sul.



Solos Santa Maria e Vila (CAD = 104mm), apresentam probabilidade de ocorrer DHM >50mm igual a 8,1% dos anos em janeiro, 5,6% em dezembro, 3,2% em novembro, 1,5% em fevereiro, 0,7% em março e menos do que 0,2% nos demais meses (Figura 12). Nesses solos, o risco de ocorrer valores de DHM>40mm, é de 12,3% em janeiro, 9,5% em dezembro, 5% em novembro, 2,6% em fevereiro, 1,2 a 1,4% em março e abril e menor do que 0,1% nos demais meses.

Valores de DHM>20mm ocorrem com probabilidade de cerca de 33% dos anos em janeiro e dezembro, 16,5% em novembro, 10% em fevereiro, 8% em março, 3,4 a 5% em outubro e abril, e menos do que 0,4% nos demais meses. A probabilidade de ocorrer DHM>10mm é de 62% dos anos em janeiro, 66% em dezembro, 38% em novembro, cerca de 27% em fevereiro e março, em torno de 15% em abril e outubro, 2% em maio e menos do que 0,7% nos demais meses.

A probabilidade de ocorrer DHM>5mm num mês, é de 85% dos anos em janeiro e 89% em dezembro, o que equivale a um risco 10% menor do que para os solos com CAD de 40 e 45mm. Nos meses de fevereiro, tem-se probabilidade de 53,8% e em novembro 63,7%, o que equivale a uma redução de 15% em relação aos solos Charrua. Já para março, abril, setembro e outubro, essa redução é de 29%, 27%, 38% e 25%, respectivamente, em relação aos solos Charrua. Devido a menor probabilidade de ocorrência nos meses de maio a agosto, a diferença entre os solos com CAD de 104mm e 40mm decresce para menos do que 10% de probabilidade (Figuras 9 e 12).

Entre os solos com CAD de 120mm (Oásis) e 125mm (São Gabriel e São Pedro), a diferença de probabilidade de ocorrer DHM>50, >40, >20, >10, >5 e >1mm, não ultrapassa a 3% para os menores níveis de deficiência (10, 5 e 1mm) nos meses de maior probabilidade e é em geral menor do que 1% para DHM de 50 e 40mm. Dessa forma, foi possível realizar a análise conjunta para os três solos (Figuras 13 e 14), a qual permite verificar que a probabilidade de ocorrer para DHM>50mm e DHM>40mm em nenhum mês é maior do que 10% e que de abril a outubro é praticamente nula. Considerando a DHM>20mm, a probabilidade de ocorrência é de aproximadamente 30% em janeiro, 28% em dezembro, 14% em novembro, 9% em fevereiro, 6% em março, 2,5% em outubro e menor do que 2% nos demais meses.

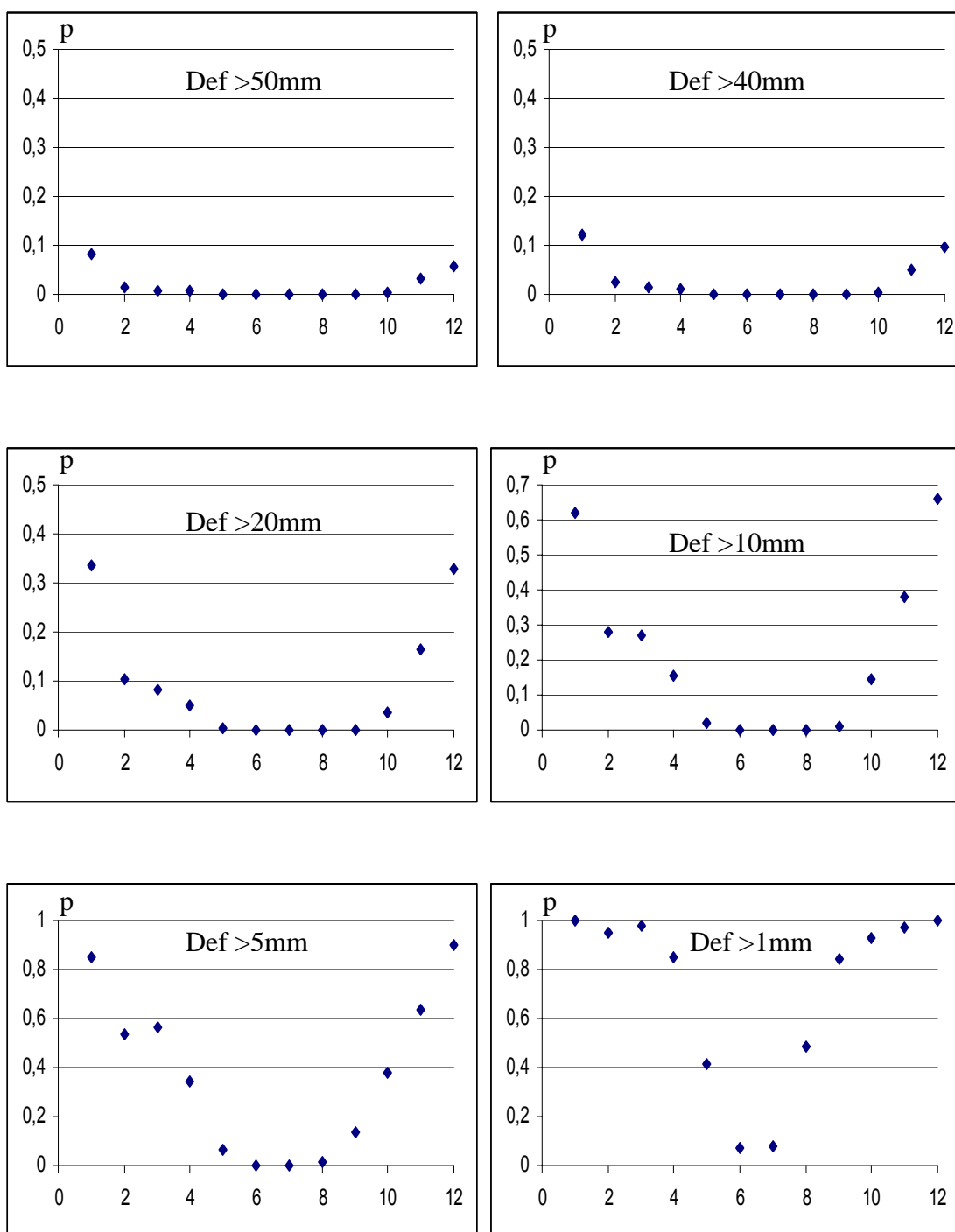


FIGURA 12 – Probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica máxima acumulada em períodos contínuos de deficiência, em qualquer data do mês, maior do que 50, 40, 20, 10, 5 e 1 mm, no solo Santa Maria (Alissolo crômico argilúvico típico) até 55 cm de profundidade, e Vila (Chernossolo háplico órtico típico) até 60 cm de profundidade, com capacidade de armazenamento de 104mm, vegetação natural, na região Central do Rio Grande do Sul.

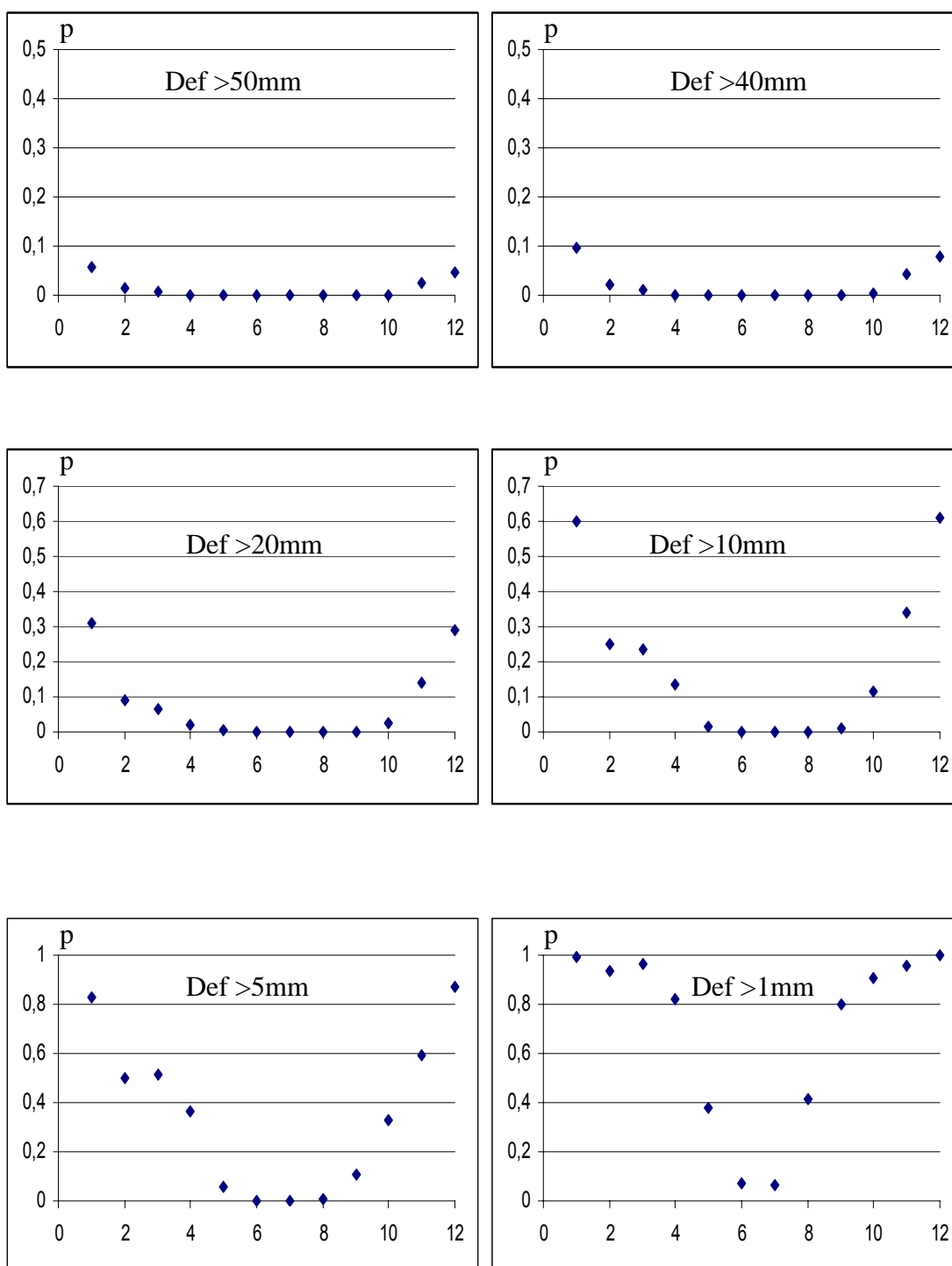


FIGURA 13 – Probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica máxima acumulada em períodos contínuos de deficiência, em qualquer data do mês, maior do que 50, 40, 20, 10, 5 e 1 mm, no solo Oásis (Argissolo vermelho amarelo aluminoso alisólico), até 65 cm de profundidade, sob vegetação natural, com capacidade de armazenamento de 120mm, na região Central do Rio Grande do Sul.

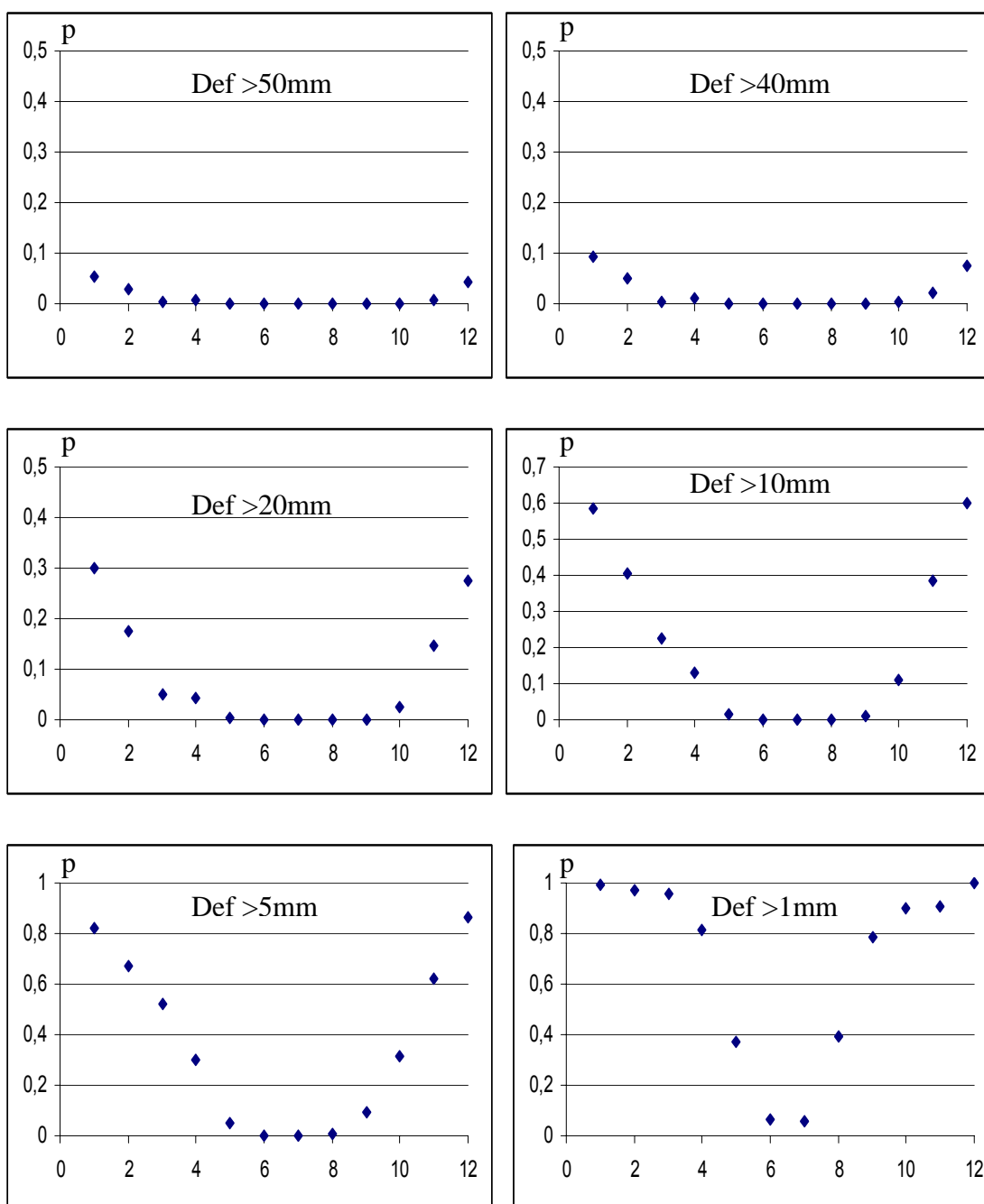


FIGURA 14 – Probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica máxima acumulada em períodos contínuos de deficiência, em qualquer data do mês, maior do que 50, 40, 20, 10, 5 e 1 mm, no solo São Gabriel (Planossolo háplico eutrófico típico) até 70 cm de profundidade e São Pedro (Argissolo vermelho distrófico arênico) até 130 cm de profundidade, sob vegetação natural, com capacidade de armazenamento de 125mm, na região Central do Rio Grande do Sul.

Para  $DHM > 10\text{mm}$ , a probabilidade é de cerca de 60% em janeiro e dezembro, 33% em novembro, 25% em fevereiro, 23% em março, 10 a 13% em abril e outubro e menor do que 1,5% nos demais meses. Valores de  $DHM > 5\text{mm}$ , apresentam o risco de ocorrer em cerca de 87% dos anos em dezembro, 82% em janeiro, 60% em novembro, 49 a 52% em fevereiro e março, 32% em outubro e abril, 10% em setembro, 5% em maio e menos do que 1% em junho, julho e agosto.

Na figura 15 são apresentadas as probabilidades de  $DHM > 50$ ,  $> 40$ ,  $> 20$ ,  $> 10$ ,  $> 5$  e  $> 1\text{mm}$ , nos dozes meses para a região de abrangência de Santa Maria, referente aos solos Vacacaí, Cambai e Alto das Canas ( $CAD = 135\text{mm}$ ). Verifica-se que nos meses de janeiro, fevereiro e dezembro a probabilidade de ocorrer  $DHM > 50\text{mm}$  é de 7 a 8% dos anos e em novembro de 4% dos anos, sendo nos demais meses igual ou menor a 1%. Para valores de  $DHM > 40\text{mm}$ , a probabilidade é de 10,5 a 13% dos anos em janeiro, fevereiro e dezembro, 6% em novembro, 1,5 a 2% em março e abril e menos do que 0,3% nos demais meses. A probabilidade de ocorrer  $DHM > 20\text{mm}$  nos solos Vacacaí, Cambai e Alto das Canas é de cerca de 38% em janeiro, 35% em dezembro, 19 a 20% em fevereiro e novembro, 8,5% em março, 6% em abril, 4,5% em outubro e menos do que 1% nos demais meses. Considerando também deficiências menores, para  $DHM > 10\text{mm}$ , as probabilidades aumentam para 68 a 69% em janeiro e dezembro, 40% em novembro, 30 a 32% em fevereiro e março, 15 a 17% em abril e outubro, 3,1% em setembro e menos do que 1,5% nos demais meses. Valores de  $DHM > 5\text{mm}$  apresentam probabilidade alta, alcançando 88 a 92% dos anos em janeiro e dezembro, 66% em novembro, 61% em março, 38 a 43 em fevereiro, abril e outubro, 19% em setembro, 6% em maio e menos do que 0,6% de junho a agosto.

O solo Cerrito, com a maior capacidade de armazenamento de água na região, apresenta probabilidade muito baixa de ocorrer deficiências hídricas máximas maiores do que 50mm e 40mm (Figura 16). Para  $DHM > 50\text{mm}$ , não ultrapassa 1,7% dos anos nos meses de maior demanda atmosférica e para  $DHM > 40\text{mm}$ , é de apenas 3,5 a 3,8% dos anos nos meses de janeiro, novembro e dezembro, 1,1% em fevereiro e praticamente nula nos demais meses. Para  $DHM > 20\text{mm}$ , verifica-se uma probabilidade de ocorrência de cerca de 19% em janeiro e dezembro, 14% em novembro, 5% em fevereiro, 3% em março e menos do que 1% nos demais meses. As maiores probabilidades de ocorrência de  $DHM > 5\text{mm}$  são verificadas para janeiro e dezembro ( $\approx 66\%$ ). Em novembro e fevereiro diminuem

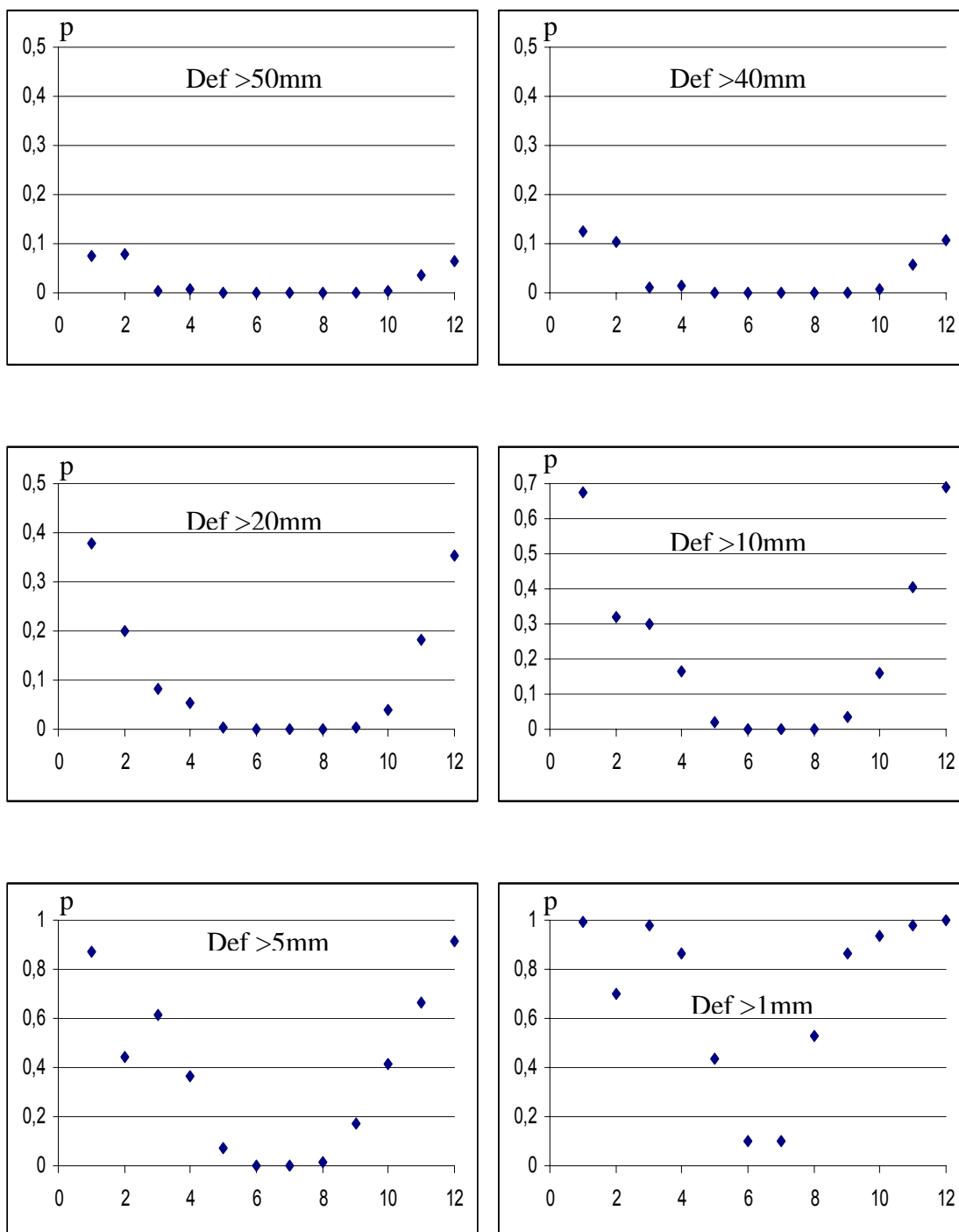


FIGURA 15 – Probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica máxima acumulada em períodos contínuos de deficiência, em qualquer data do mês, maior do que 50, 40, 20, 10, 5 e 1 mm, no solo Vacacaí (Planossolo hidromórfico eutrófico arênico) até 70 cm de profundidade, Cambai (Luvissole crômico órtico típico) até 67 cm de profundidade e Alto das Canas (Argissolo vermelho distrófico latossólico) até 110 cm de profundidade, sob vegetação natural, com capacidade de armazenamento de 135mm, na região Central do Rio Grande do Sul.

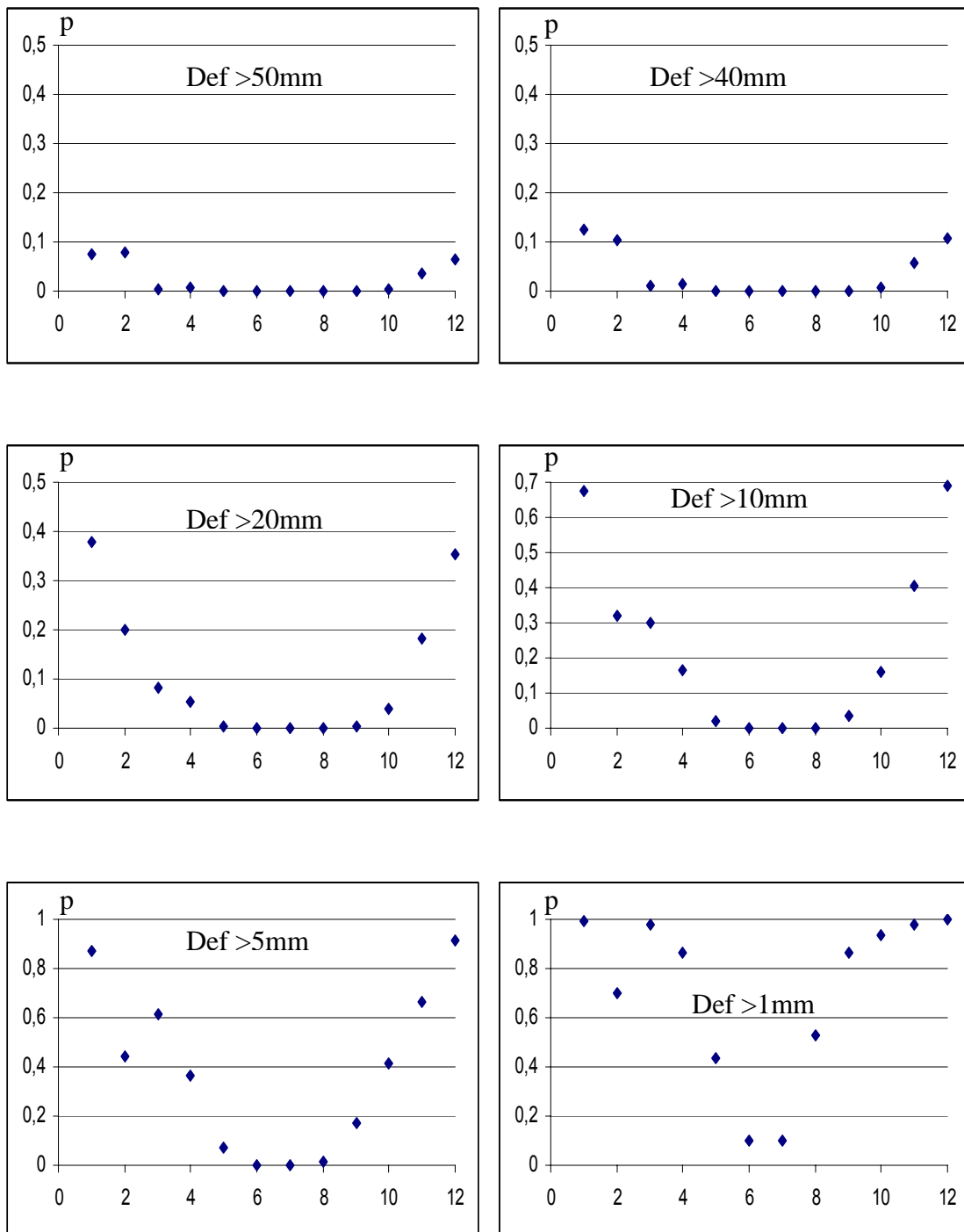


FIGURA 16 – Probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica máxima acumulada em períodos contínuos de deficiência, em qualquer data do mês, maior do que 50, 40, 20, 10, 5 e 1 mm, no solo Cerrito (Latosolo vermelho distrófico argissólico) sob vegetação natural, com capacidade de armazenamento de 215mm até 135 cm de profundidade, na região Central do Rio Grande do Sul.

para 35 a 37% e em março para 34%. Em abril, alcança 24%, em outubro 16% e nos demais meses é menor do que 3,5%, sendo praticamente nula de junho a agosto.

Comparando os valores de probabilidade entre os solos de maior e menor CAD, verifica-se que, para deficiências grandes,  $DHM > 40\text{mm}$  e  $DHM > 50\text{mm}$ , a probabilidade de 25,6 e 16,7% é reduzida para 3,8 e 1,7% respectivamente, no mês de janeiro. Valores similares foram obtidos também para dezembro. Isso demonstra que a capacidade de armazenamento de água no solo tem efeito significativo na magnitude e na probabilidade de ocorrência das deficiências máximas acumuladas em períodos de estiagem na região de abrangência de Santa Maria, o que confirma parte da primeira hipótese. Esse efeito também ocorre para os demais níveis de deficiência hídrica analisados, chegando a diferenças maiores do que 40% nos meses de janeiro e dezembro, para  $DHM > 20\text{mm}$  e  $DHM > 10\text{mm}$  e a mais do que 30% dos anos para  $DHM > 5\text{mm}$  nesses mesmos meses. Pode-se, portanto, inferir que qualquer prática agrícola que modifica a capacidade de armazenamento de água no solo quer pela alteração de suas propriedades físicas (alteração da porosidade), quer pela correção de fertilidade (que influi na profundidade da camada de solo explorada pelo sistema radicular das plantas), também altera os riscos de ocorrência de deficiências hídricas, qualquer que seja a magnitude da deficiência considerada. Nesse sentido, a recuperação dos solos visando, por exemplo, propiciar a recuperação de ecossistemas naturais, deve se ater também a esse aspecto.

### **4.3 PROBABILIDADES DE OCORRÊNCIA DE DEFICIÊNCIAS HÍDRICAS TOTAIS MENSAS**

Nas figuras 17, 18 e 19 são apresentadas as probabilidades de ocorrência de diferentes níveis de deficiências hídricas totais mensais (DHT), juntamente com as probabilidades de deficiências hídricas máximas (DHM), discutidas no item 4.2, em função da CAD dos solos da região de Santa Maria, para fins de comparação. Verifica-se que em todos os meses os níveis de deficiência, com probabilidade maior do que 0,5%, a probabilidade de ocorrer deficiência hídrica total no mês é geralmente maior do que a probabilidade de ocorrer deficiência hídrica máxima, para os mesmos níveis de deficiência.



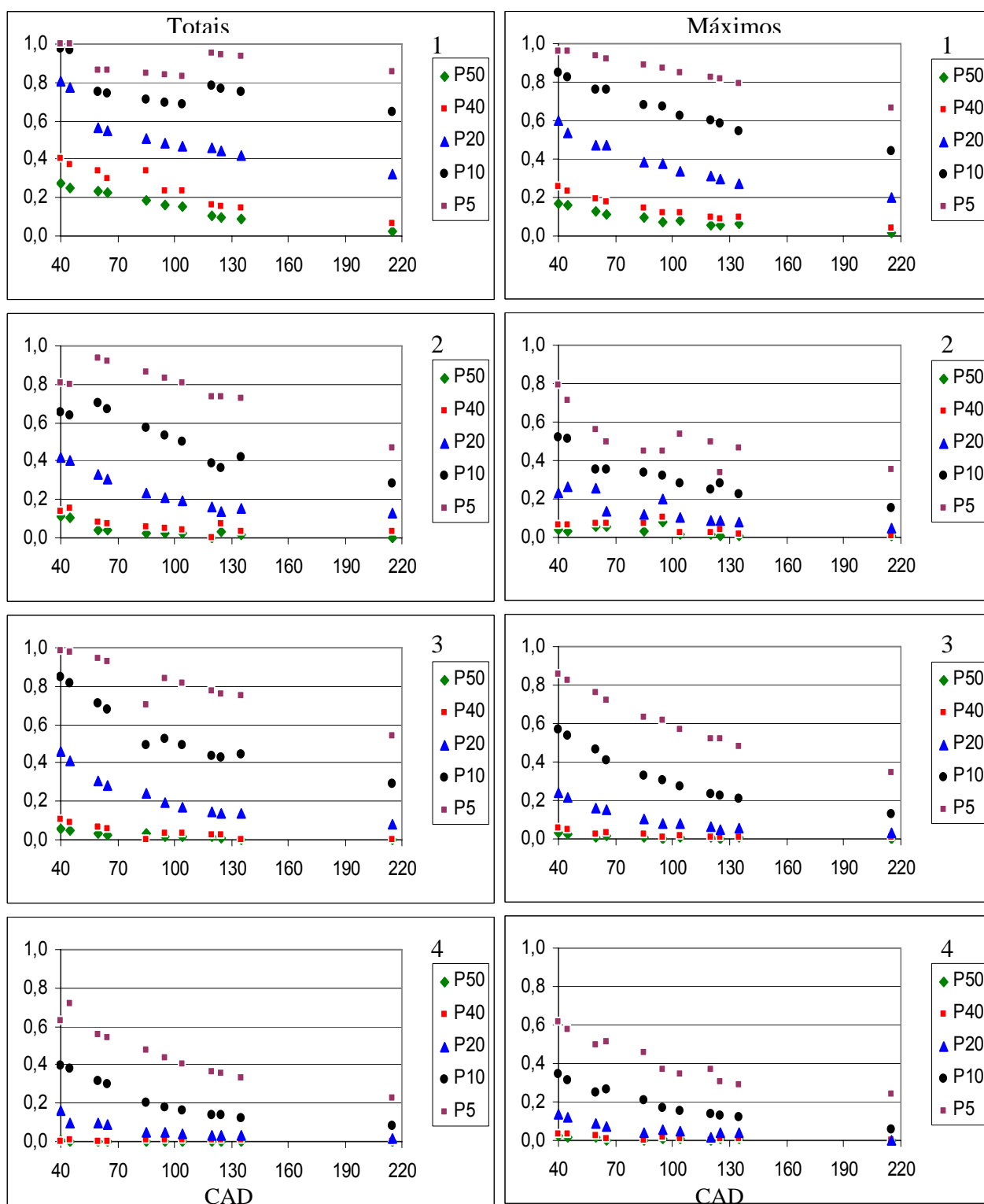


FIGURA 17 – Variação das probabilidades (p) de ocorrência de deficiência hídrica maior do que 50mm (P50), 40mm (P40), 20mm (P20), 10mm (P10) e 5mm (P5), nos meses de janeiro (1) a abril (4), para solos de diferentes capacidades de armazenamento de água disponível (CAD), na região central do Rio Grande do Sul.

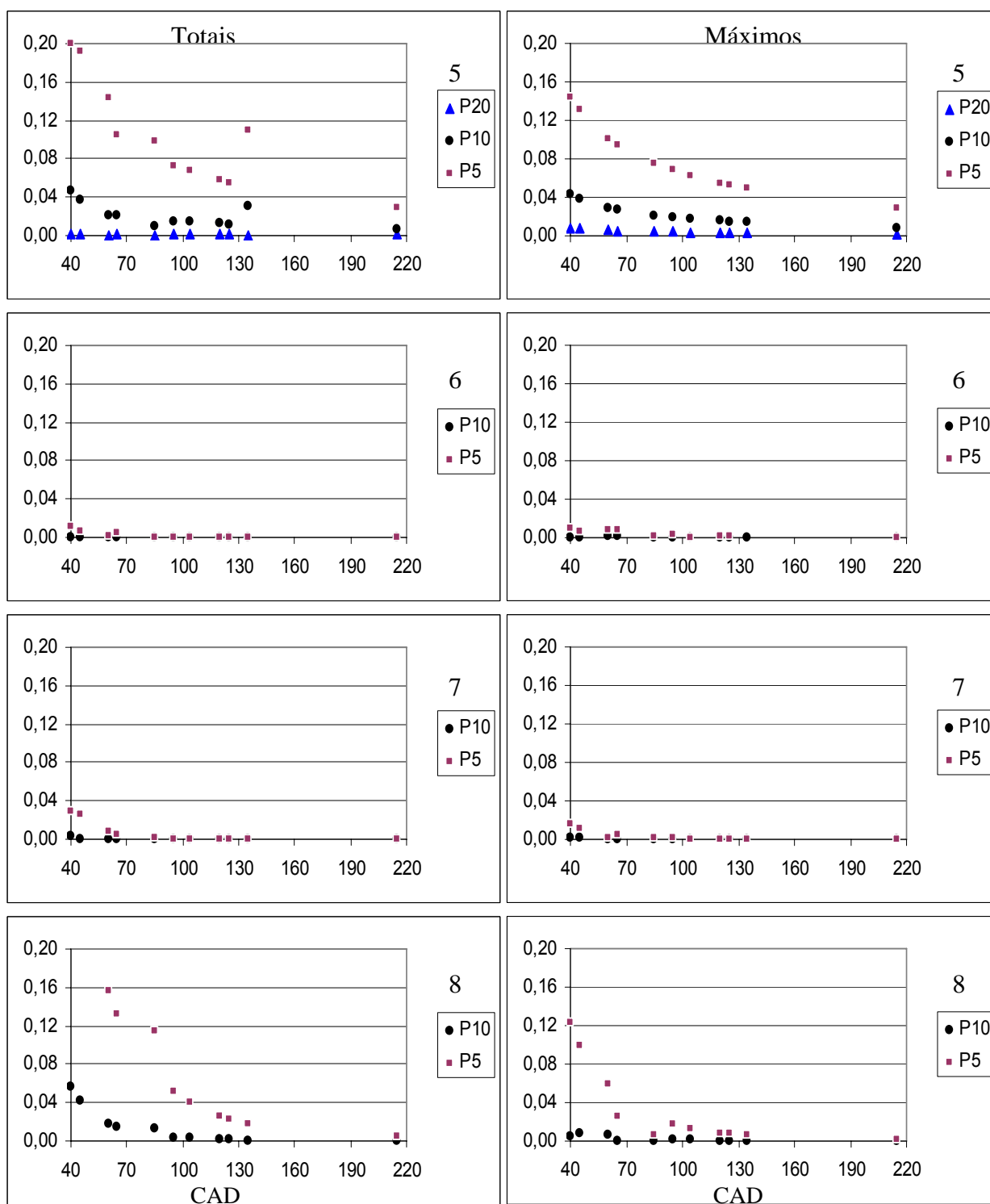


FIGURA 18 – Variação das probabilidades (p) de ocorrência de deficiência hídrica maior do que 20mm (P20), 10mm (P10) e 5mm (P5), nos meses de maio (5) a agosto (8), para solos de diferentes capacidades de armazenamento de água disponível (CAD), na região central do Rio Grande do Sul.

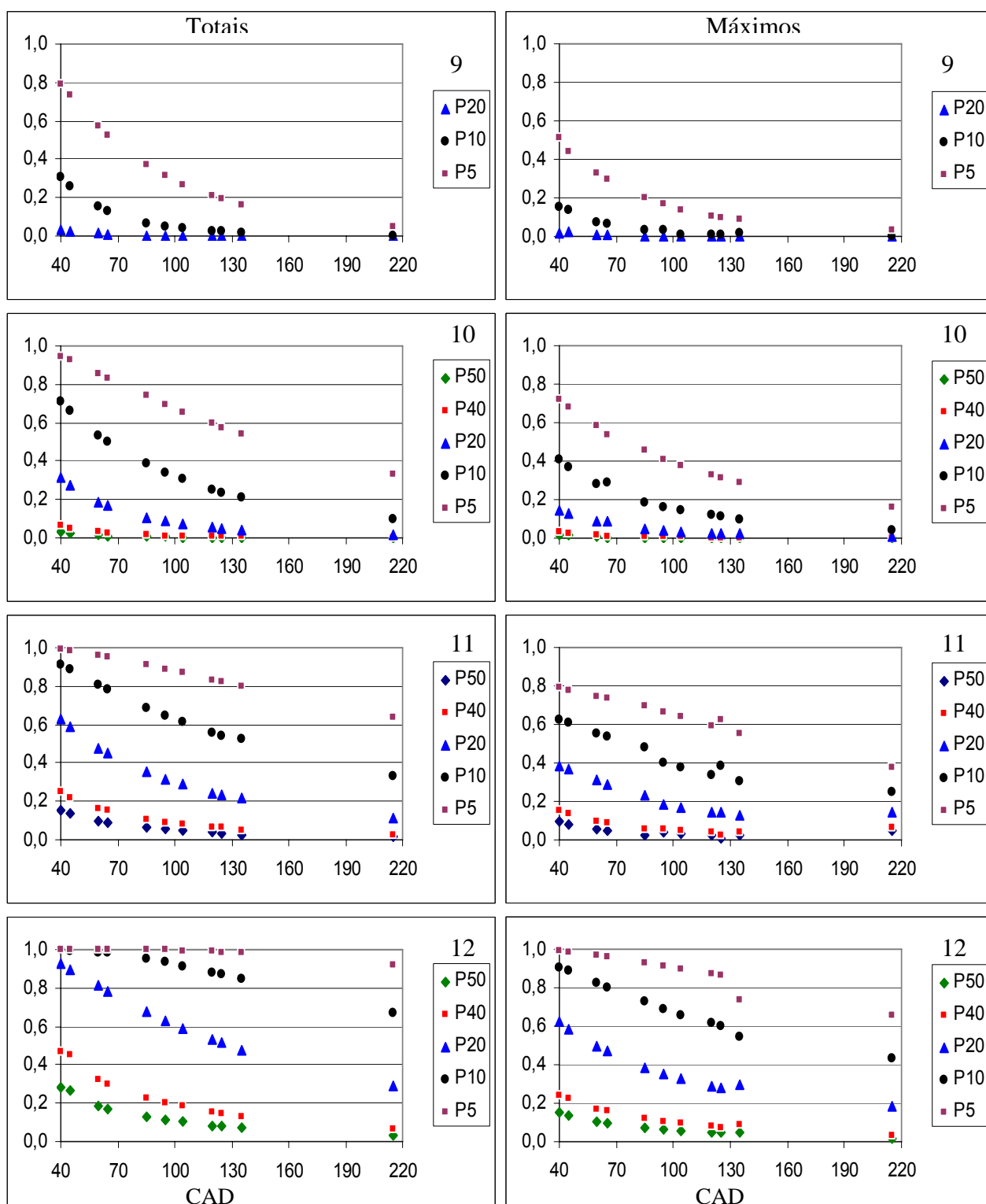


FIGURA 19 – Variação das probabilidades (p) de ocorrência de deficiência hídrica maior do que 50mm (P50), 40mm (P40), 20mm (P20), 10mm (P10) e 5mm (P5), nos meses de setembro (9) a dezembro (12), para solos de diferentes capacidades de armazenamento de água disponível (CAD), na região central do Rio Grande do Sul.

Na figura 17a observa-se que os valores de  $DHT > 5\text{mm}$  e  $DHT > 10\text{mm}$  são proporcionalmente menores para as CADs de 60 a 104mm do que para CADs menores e maiores adjacentes. Essa diferença de tendência, tal como também aparece no mês de janeiro para as CADs de 40 e 45mm, é decorrente da estimativa não precisa do valor da probabilidade em função da falta de um melhor ajuste dos dados da função matemática de probabilidade de distribuição que melhor se ajustou. Da mesma forma que para os valores de probabilidade de ocorrer deficiências máximas (DHM), discutidas no item 4.2, considerou-se na análise a tendência geral da probabilidade de todas as CADs. Os valores referentes a janeiro, apresentados na Figura 17a, que apresentam diferenças negativas de DHT em relação às DHMs, passariam a ser julgadas como provavelmente positivas, tal como acontece aos demais dados.

Verifica-se que as DHTs de 5mm (P5) são maiores para as CADs de 40, 45 e de 120 a 215mm para janeiro e para todos os solos nos meses de fevereiro, março e abril. As diferenças nos meses variam de 1,6 até 15% nos solos com CAD igual a 40 e 45mm, de 20 a 41,8% para solos com CAD de 60 a 135mm em fevereiro e para solos com CAD igual a 65mm e de 95 a 135mm no mês de março. No mês de abril, as diferenças oscilam entre 0 e 6% para CAD de 60 a 215mm, enquanto que nos demais meses o solo com CAD de 215mm apresenta diferença entre 12 a 20% entre DHT e DHM. Para os demais níveis de deficiência, no mês de abril, a diferença é em geral menor do que 1 %, devido ao próprio valor das deficiências que é pequeno e tende a zero a partir desse mês. Considerando as probabilidades de ocorrência para deficiências maiores que 10mm, verifica-se que no mês de março não há grandes variações das diferenças de probabilidade entre DHT e DHM entre as diferentes CADs. Em fevereiro, as maiores diferenças ocorrem para CADs de 60 e 104mm e em janeiro para CADs de 120 a 215mm e de 40 a 45mm.

Portanto, não existe relação definida quanto a variação das diferenças de probabilidade de ocorrência entre DHT e DHM com a CADs dos solos. As diferenças tendem a estar mais relacionadas à magnitude das probabilidades, principalmente para deficiências maiores que 50, 40 e 20mm. Essa verificação, associada ao fato de que as maiores diferenças ocorrem para deficiências maiores do que 5 e 10mm,

confirma a tendência de que a diferença de probabilidade entre DHT e DHM geralmente é maior, quanto maior são as probabilidades de ocorrência.

No período de maio à agosto (Figura 18), em que as probabilidades totais não superam 20% para  $DHT > 5\text{mm}$ , as diferenças de probabilidade entre DHT e DHM são sempre menores do que 1% em junho e julho, bem como nos meses de maio e agosto para deficiências maiores que 10mm.

Na figura 19, verifica-se que os desvios verificados nos meses de janeiro e fevereiro (Figura 17) praticamente inexistem nos meses de setembro a dezembro, mostrando um ajuste homogêneo das diversas funções de probabilidade para os valores de probabilidade relativas às diferentes CADs dos solos, obtidos em cada nível de deficiência hídrica. As diferenças de probabilidade entre DHT e DHM seguem a mesma tendência de serem tanto maiores quanto maiores forem os valores absolutos das probabilidades, exceto quando tendem a 100% (níveis de deficiência maior que 5 e 10mm em dezembro) ou quando tendem a zero. Assim, diferenças maiores do que 20% entre DHT e DHM são observadas sob diferentes níveis de deficiência hídrica (NDH) e diferentes CADs, a saber: a)  $NDH > 5\text{mm}$  em setembro para CADs de 40 a 65mm, em outubro para CADs entre 40 e 135mm, em novembro para todas as CADs, em dezembro para CADs de 135 a 215mm; b)  $NDH > 10\text{mm}$  em outubro para CADs de 40 a 65mm, em novembro para CADs de 40 a 135mm, em dezembro para CADs de 85 a 215mm; c)  $NDH > 20\text{mm}$  em novembro para CADs de 40 a 45mm, em dezembro para CADs de 40 a 125mm, sendo que para CADs de 40 a 65mm em dezembro a diferença é de 30 a 32%.

Da análise conjunta das figuras 17, 18 e 19, pode-se extrair a idéia de que para períodos mensais a deficiência total acumulada é maior do que os valores acumulados de DHM nos períodos ininterruptos de deficiência hídrica. Isso acontece porque na maioria dos casos, em um mês podem ocorrer vários picos de máxima deficiência de pequenos níveis que portanto, serão menores que o total de deficiência acumulado no mês. Para períodos mais curtos, como decêndios e quinqüídios, essa relação pode se inverter, visto que o valor máximo de deficiência atingido no decêndio ou quinqüídio, pode ser resultante do acúmulo de deficiência contínua iniciada em decêndios ou quinqüídios anteriores.

#### **4.4 PROBABILIDADES DE OCORRÊNCIA DE DEFICIÊNCIAS HÍDRICAS TOTAIS NOS DECÊNDIOS**

Na análise das probabilidades de deficiência hídrica dos solos com CAD de 40mm e 45mm, Charrua, Ciríaco e Guassupi (Figuras 20 e 21), as maiores probabilidades de ocorrer deficiência hídrica total maior do que 50mm foram observadas desde o terceiro decêndio de dezembro até o segundo decêndio de janeiro, com valores de 3,2 a 5,1% dos anos. Entre o segundo decêndio de janeiro e último de março, a probabilidade de ocorrer deficiência hídrica maior que 50mm por decêndio situa-se entre 3 e 0,2%, sendo que durante fevereiro e início de março, as probabilidades tendem a ser maiores do que 1%. Nos meses de abril a setembro, a probabilidade de ocorrer deficiência maior que 50mm é menor do que 1% e nula entre o último decêndio de maio e o primeiro de agosto. Para deficiências maiores que 40mm, a tendência de distribuição da probabilidade é similar àquela para 50mm de deficiência, porém os níveis de probabilidade são 2 a 3% maiores.

Deficiências maiores que 20mm por decêndio, apresentam probabilidades acima de 20% dos anos desde o último decêndio de novembro até final de janeiro. Em fevereiro, março e abril a probabilidade passa a ser menor do que 10% dos anos, da mesma forma como nos três decêndios de outubro. Em novembro, a probabilidade aumenta de aproximadamente, 4 a 6% no primeiro decêndio a 21% no último, enquanto que nos meses de maio a agosto ela é menor do que 2% dos anos e praticamente nula em junho e julho. Essa baixa probabilidade dos meses de junho e julho também ocorre para deficiências maiores que 10mm e 5mm por decêndio. Mesmo para deficiências maiores que 1mm, nesses meses as probabilidades são menores do que 10% dos anos. Portanto, nos meses de junho e julho mesmo em solos de baixa capacidade de armazenamento de água (40 a 45mm), tais como os solos Charrua, Ciríaco e Guassupi (Figuras 16 e 17), a probabilidade de ocorrer deficiências hídricas em níveis que signifiquem estresse hídrico para qualquer espécie vegetal natural é praticamente nula.

A probabilidade de ocorrer deficiência maior que 10mm em um decêndio, alcança 40 a 54% dos anos entre o segundo decêndio de novembro até o segundo decêndio de janeiro. Entre início de fevereiro ao segundo decêndio de abril, a probabilidade decresce gradativamente de 31% para 9%, enquanto que desde o

primeiro decênio de setembro ao primeiro decênio de novembro a probabilidade aumenta de 6% para 26% dos anos.

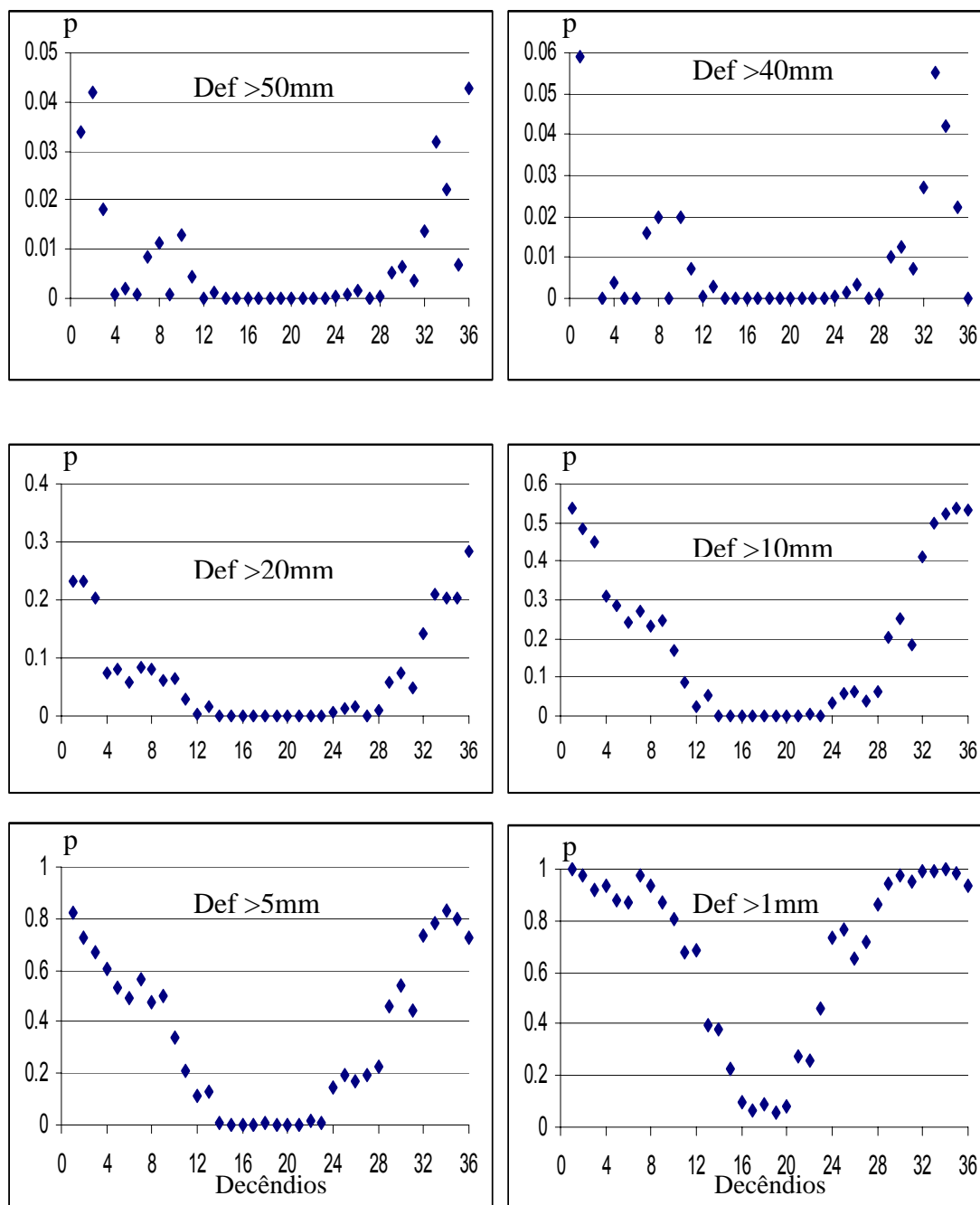


FIGURA 20 – Probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica total do decênio, maior do que 50, 40, 20, 10, 5 e 1 mm, no solo Charrua (Neossolo lítólico eutrófico chernossólico) até 20 cm de profundidade sob vegetação natural, com capacidade de armazenamento de 40mm, na região Central do Rio Grande do Sul.

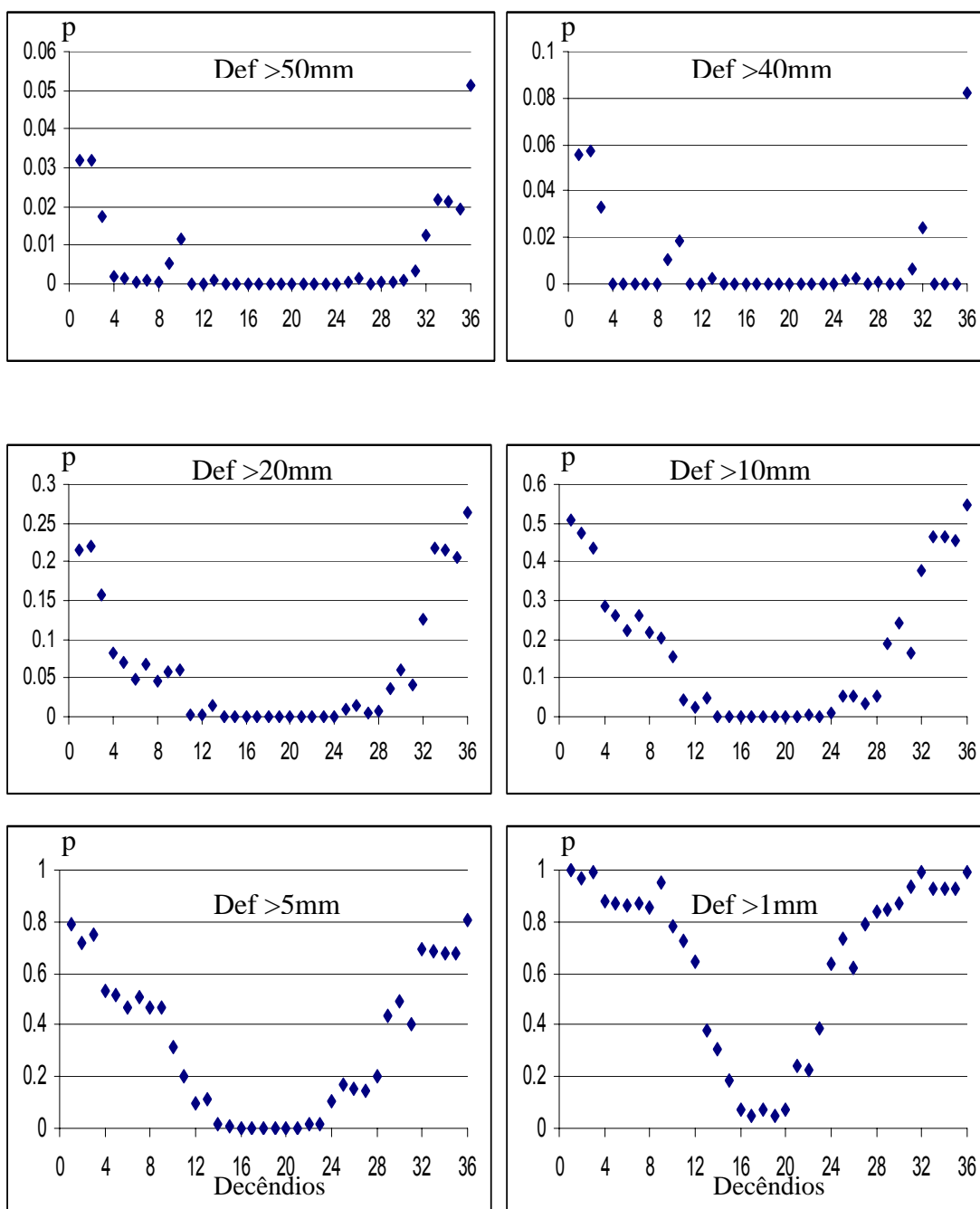


FIGURA 21 – Probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica total do decênio, maior do que 50, 40, 20, 10, 5 e 1 mm, no solo Ciríaco (Chernossolo argilúvico férrico típico), até 48 cm de profundidade, Guassupi (Neossolo litólico distrófico típico), com 20cm de profundidade e 10cm profundidade de fendas com solo, sob vegetação natural, ambos com capacidade de armazenamento de 45mm, na região Central do Rio Grande do Sul.



A probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica maior que 5mm é relativamente alta no verão, decrescendo gradativamente de 80% no segundo decêndio de dezembro até 10% dos anos no primeiro decêndio de maio, e é crescente desde o último decêndio de agosto (18%) ao primeiro decêndio de dezembro (82%).

Considerando que os solos Charrua, Ciríaco e Guassupi são os de menor capacidade de armazenamento de água na região, os valores de probabilidade obtidos, podem ser considerados como os mais extremos por decêndio na mesma.

Valores totais de deficiência hídrica acumulados apenas dentro do decêndio apresentam probabilidades diferentes do que as dos picos máximos. Uma análise nesse sentido é realizada conjuntamente para todos os solos no item 4.5.

A probabilidade de ocorrer deficiência hídrica superior a 50mm nos dois últimos decêndios de dezembro e primeiro decêndio de janeiro varia entre 3,5 e 5,0 %, para o solo Júlio de Castilhos (CAD=60mm), decrescendo para 2,8% no primeiro decêndio de janeiro e para menos do que 2,0 % no segundo e terceiro decêndio do mesmo mês (Figura 22). No solo Guassupi “profundo” (perfil com 40cm de profundidade), cuja CAD é de 65mm, essa probabilidade é cerca de 1% menor em dezembro e 1% maior no segundo decêndio de janeiro (Figura 23). Nos demais decêndios, as probabilidades são similares àquelas obtidas para o solo Júlio de Castilhos. A partir do início de fevereiro ocorre probabilidade inferior a 1% dos anos até o segundo decêndio de novembro para ambos os solos.

Nos dois solos as deficiências maiores que 40mm, ocorrem com uma probabilidade (p) entre 4 e 7% dos anos, desde o terceiro decêndio de novembro até o segundo decêndio de janeiro (Figuras 22 e 23). Entre o primeiro decêndio de fevereiro e de abril, a probabilidade decresce de 2,5% para praticamente zero, permanecendo assim até início de outubro, quando volta a aumentar alcançando novamente 2 a 2,5% dos anos no segundo decêndio de novembro.

Com relação à ocorrência de deficiência hídrica superior a 20mm, as maiores probabilidades variam entre 15 a 22% dos anos, desde o terceiro decêndio de novembro até o segundo decêndio de janeiro. Do terceiro decêndio de janeiro em diante (p = 13%), a probabilidade decresce drasticamente até final de abril. No período entre o último decêndio de abril e o primeiro decêndio de outubro as probabilidades são inferiores a 1% e após aumentam gradativamente de 2% para 9% no segundo decêndio de novembro.

A probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica maior que 10mm por decêndio nos solos Júlio de Castilhos (CAD = 60mm) e Guassupi “profundo” (CAD = 65mm) é relativamente alta no verão (Figuras 22 e 23). No período de 11 a 20 de novembro já é de 28 a 30%, elevando-se para 38 a 42% no período de 21 de novembro a 20 de dezembro, alcançando 48% no último decêndio de dezembro. Em janeiro decresce de 44 para 36%, em fevereiro de 24 para 19%, em março de 19 para 15% e em abril de 12 para 1,5%. De meados de maio até meados de agosto a probabilidade é menor do que 1%, similar ao que acontece com solos de menor CAD. Do segundo decêndio de agosto ao segundo decêndio de outubro a probabilidade oscila abaixo de 3%, um pouco superior ao que acontece com solos de menor CAD. A baixa probabilidade nesse período decorre da melhor regularidade da precipitação, em função da predominância de chuvas frontais (MORENO, 1961), que associada à baixa demanda atmosférica nessa época, permitem a manutenção de elevados teores de umidade no solo por tempo mais prolongado.

De meados de outubro até o primeiro decêndio de novembro, a probabilidade oscila entre 10 e 19%. Para as probabilidades de ocorrência de deficiência hídrica superior a 5mm por decêndio, a probabilidade aumenta de 58 a 75% dos anos entre o segundo decêndio de novembro e o final de dezembro, decrescendo novamente para 62% até final de janeiro. Do início de fevereiro ao início de maio a probabilidade decresce gradativamente de 50 para 5% e aumenta do último decêndio de agosto (9%) ao último decêndio de outubro (40 a 42%), apresentando uma pequena redução no primeiro decêndio de novembro (30 a 32%). Entre meados de maio a meados de agosto a probabilidade continua muito baixa ( $p < 1,5\%$ ).

Para deficiências maiores que 5mm a probabilidade de ocorrência estimada é cerca de 1 a 3% menor no solo Guassupi com perfil profundo (40cm) do que no solo Júlio de Castilhos no período de início de setembro a meados de abril.

Na Figura 24 pode ser verificado que os solos Venda Grande (CAD=95mm), apresentam probabilidade de ocorrer deficiência hídrica superior a 50mm em apenas 3,2% dos anos no último decêndio de dezembro. Nos demais decêndios, entre 21 de novembro e 20 de janeiro a probabilidade varia entre 1,5 e 2,1%. Desde o terceiro decêndio de janeiro e o primeiro decêndio de abril,  $p$  varia entre 0,2 e 1% e de 11 de outubro a 20 de novembro oscila entre 0,1 e 0,5%. No restante do ano, entre meados de abril até início de outubro, a probabilidade é praticamente nula.

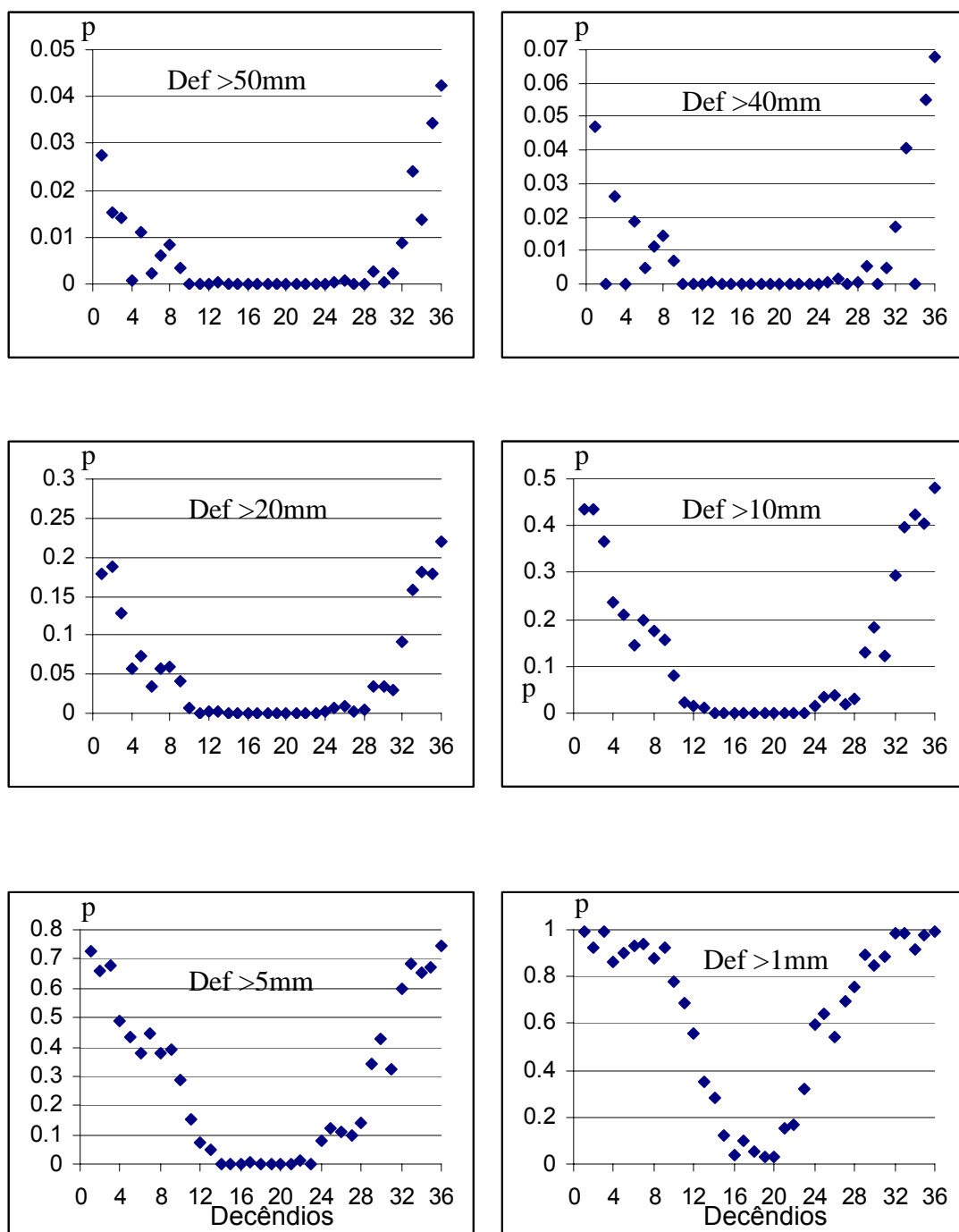


FIGURA 22 – Probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica total do decêndio, maior do que 50, 40, 20, 10, 5 e 1 mm, no solo Júlio de Castilhos (Argissolo vermelho amarelo aluminoso típico), até 60 cm de profundidade sob vegetação natural, com capacidade de armazenamento de 60mm, na região Central do Rio Grande do Sul.

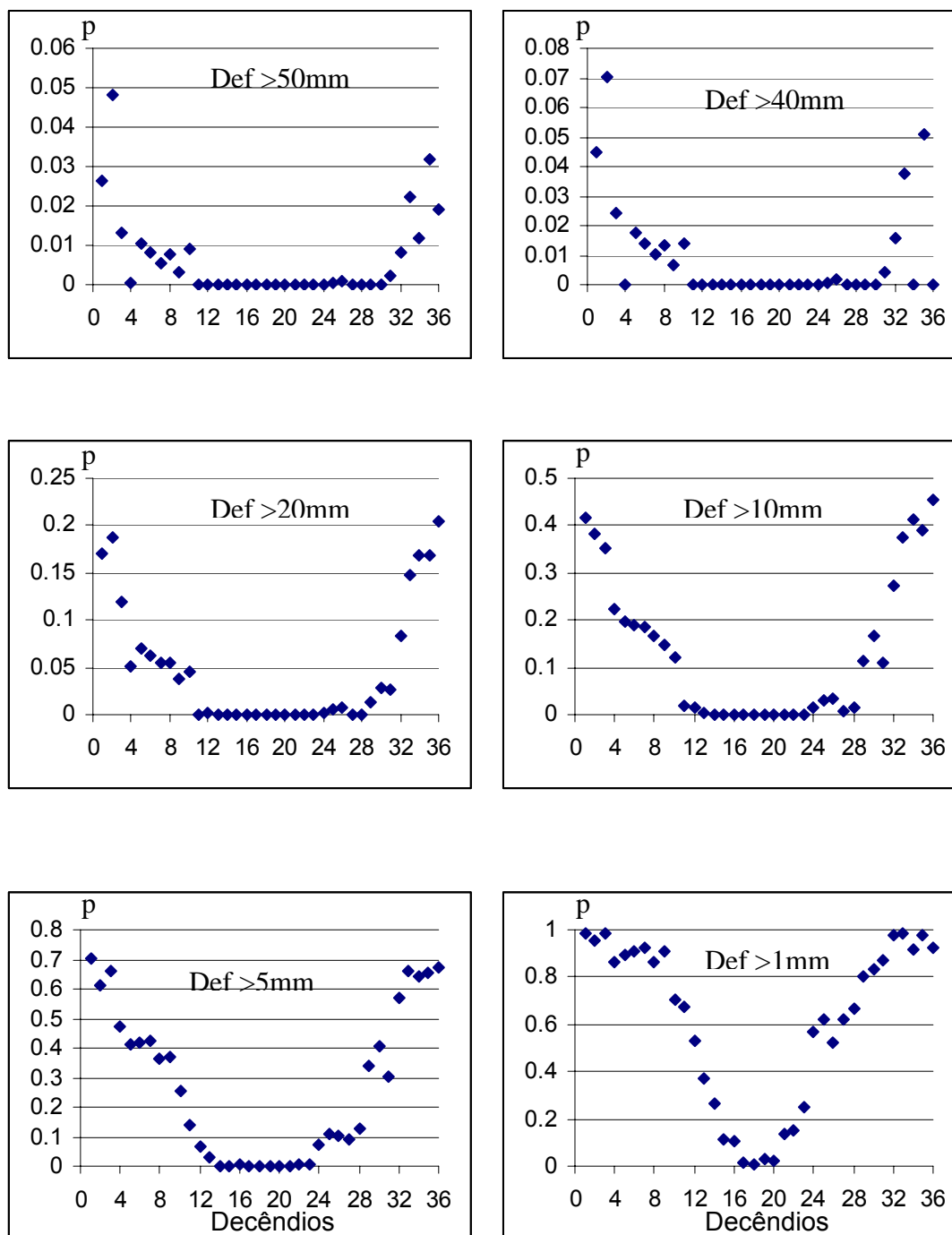


FIGURA 23 – Probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica total do decêndio, maior do que 50, 40, 20, 10, 5 e 1 mm, no solo Guassupi “profundo” (Neossolo litólico distrófico típico), até 40 cm de profundidade, sob vegetação natural, com capacidade de armazenamento de 65mm, na região Central do Rio Grande do Sul.

A probabilidade de ocorrer deficiência hídrica superior a 40mm para os solos Venda Grande é cerca de 4,8% no terceiro decêndio de dezembro e de 3,5% de primeiro a 20 de janeiro. Entre o terceiro decêndio de janeiro ao primeiro decêndio de abril, a probabilidade oscila de 1,7 a 0,3% e decresce para próximo de zero a partir do decêndio seguinte, mantendo-se assim até o primeiro decêndio de outubro. De meados de outubro a meados de novembro, a probabilidade oscila entre 0,2 a 0,9%.

Para deficiências hídricas superiores a 20mm, as maiores probabilidades situam-se entre 10 e 17%, obtidas desde o terceiro decêndio de novembro até o segundo decêndio de janeiro, caindo para 9% no terceiro decêndio de janeiro. Em fevereiro, março e primeiro decêndio de abril, bem como de 11 de outubro a 20 de novembro, a probabilidade oscila entre 6 e 2%. Entre esses dois períodos a probabilidade permanece praticamente nula, pois no inverno e início de primavera as chuvas são mais regulares (MORENO, 1961) e a demanda atmosférica é muito baixa. A probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica maior que 10mm nos solos Venda Grande oscila entre 28 e 33% no período de 21 de novembro a final de janeiro, com um pico de 38% no último decêndio de dezembro (Figura 24). No período de início de fevereiro a 10 de abril e de 11 de outubro a 10 de novembro p oscila entre 6 e 16% e alcança 19% em meados de novembro. De meados de abril até 10 de outubro a probabilidade é menor do que 1% ( $p < 0,01$ ), sendo praticamente nula entre início de maio e final de agosto.

Deficiências hídricas superiores a 5mm por decêndio, ocorrem com probabilidade de 55 a 64% dos anos entre o terceiro decêndio de novembro e final de janeiro. No segundo decêndio de novembro a probabilidade é de 44% dos anos, em fevereiro, março e no último decêndio de outubro perfaz 28 a 33% e no primeiro decêndio de abril e demais decêndios de outubro é da ordem de 22% dos anos. Entre meados de abril e primeiro decêndio de outubro a probabilidade é menor do que 9% e, entre meados de maio a meados de agosto, é praticamente nula.

Desde meados de outubro a final de março, a probabilidade de ocorrer deficiências pequenas ( $>1\text{mm}$ ) é igual ou maior que 80% dos anos para os solos Venda Grande e demais solos com menor CAD (Figuras 20 a 24). No período de início de junho a final de julho, a ocorrência de deficiências maiores que 1mm é praticamente nula e, portanto, pode-se afirmar que nos solos da região estudada com CAD igual ou maior do que 95mm, não ocorre deficiência hídrica significativa nessa época.

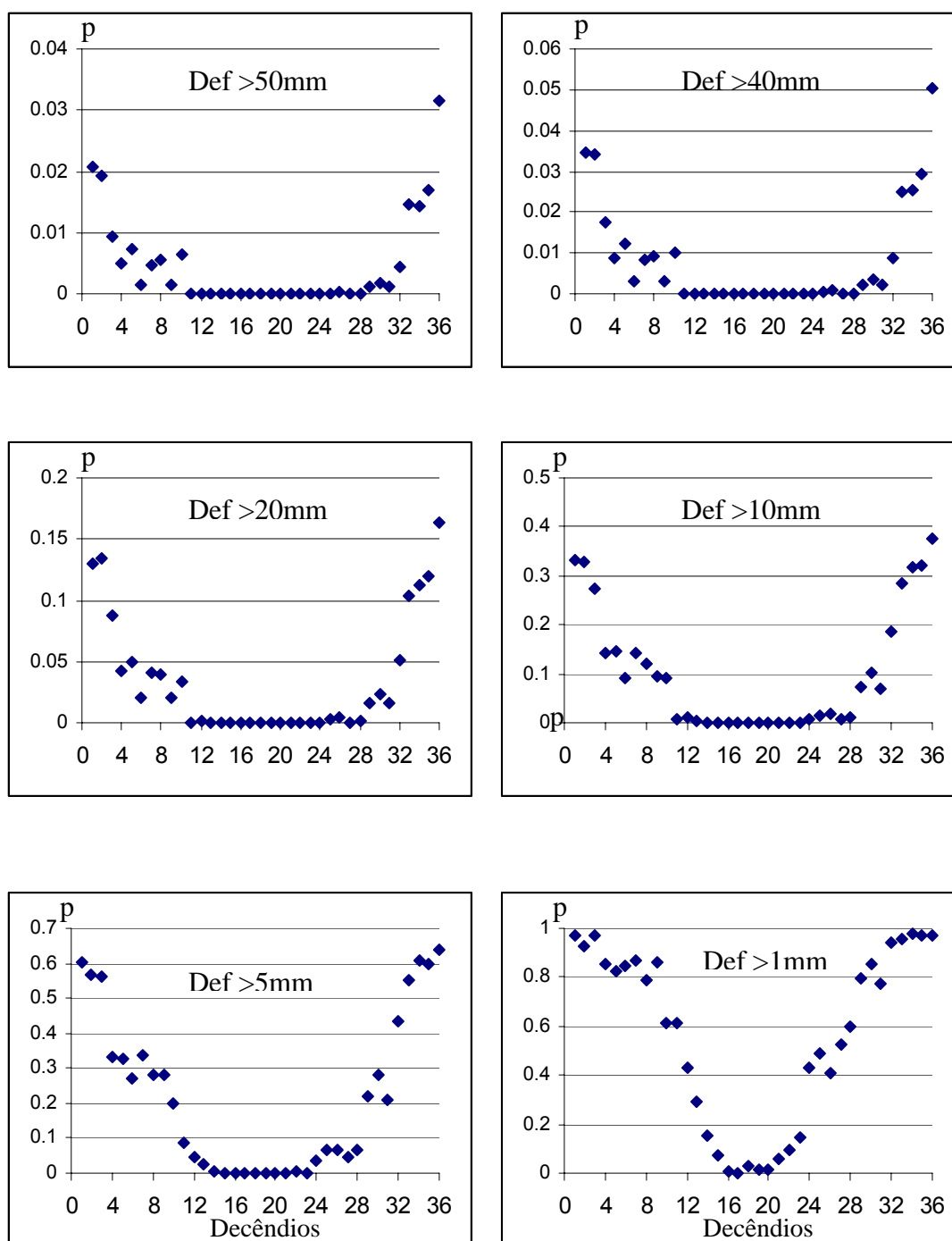


FIGURA 24 – Probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica total do decêndio, maior do que 50, 40, 20, 10, 5 e 1 mm, no solo Venda Grande (Chernossolo argilúvico órtico saprolítico) até 75 cm de profundidade sob vegetação natural, com capacidade de armazenamento de 95mm, na região Central do Rio Grande do Sul.

Na análise das probabilidades dos solos com CAD de 104mm (Santa Maria e Vila), há probabilidade de ocorrer deficiência hídrica maior que 50mm, no período do terceiro decêndio de dezembro com 3% dos anos e com 2% para o primeiro decêndio de janeiro (Figura 25). Entre o segundo decêndio de janeiro até meados de abril as probabilidades oscilam entre 0,9 a 0,2% e do terceiro decêndio de abril ao primeiro decêndio de outubro, são próximas ou iguais a zero. No segundo decêndio de outubro ocorre uma elevação nas probabilidades de 0,2 a 0,4% permanecendo assim até o segundo decêndio de novembro. Somente ocorrem aumentos significativos de probabilidade a partir do terceiro decêndio de novembro ao segundo de dezembro, com valores de 1,3 a 1,5%. Para as deficiências maiores do que 40mm nesses solos, a tendência é de que as probabilidades se situem entre 2,2% no mês de dezembro e 3,3% no primeiro decêndio de janeiro, caindo para 1,7% no terceiro decêndio de janeiro. Nos demais meses é menor do que 0,95% e praticamente nula entre final de abril e início de outubro.

As deficiências maiores do que 20mm, se apresentam com probabilidades de 9 a 13% no período de 21 de novembro a 20 de dezembro e se elevam para 16% no último decêndio de dezembro. Entre 1° e 20 de janeiro as probabilidades situam-se entre 12 e 13%; já para o último decêndio de janeiro as probabilidades ficam em 8% e para o período entre primeiro de fevereiro a 20 de abril, os valores encontrados estão entre 4 e 2%. Após, permanecem abaixo de 1% até o primeiro decêndio de outubro, para somente elevar-se para em torno de 2% a 5% do segundo decêndio de outubro até o segundo decêndio de novembro.

As maiores probabilidade de deficiências superiores a 10mm nos solos Santa Maria e Vila (Figura 25) se encontram a partir do terceiro decêndio de novembro com 28% de probabilidade, 30% no primeiro e segundo decêndio de dezembro e próximo a 37% no último decêndio do ano. Para janeiro, essa tendência permanece nos dois primeiros decêndios do mês com 30 e 32% de probabilidade, decrescendo para 26% no decêndio seguinte. Em fevereiro as probabilidades se situam entre 12 a 9% nos três decêndios do mês, elevando-se no primeiro decêndio de março em 13% e aproximando-se de 10 a 9 % no segundo e terceiro decêndio do mês. Após, as probabilidades de ocorrer deficiência hídrica maior que 10mm permanecem inferiores a 10% de meados de abril ao primeiro decêndio de outubro, para então se elevar a partir de 21 de outubro a 21 de novembro de em torno de 8% para 16%.

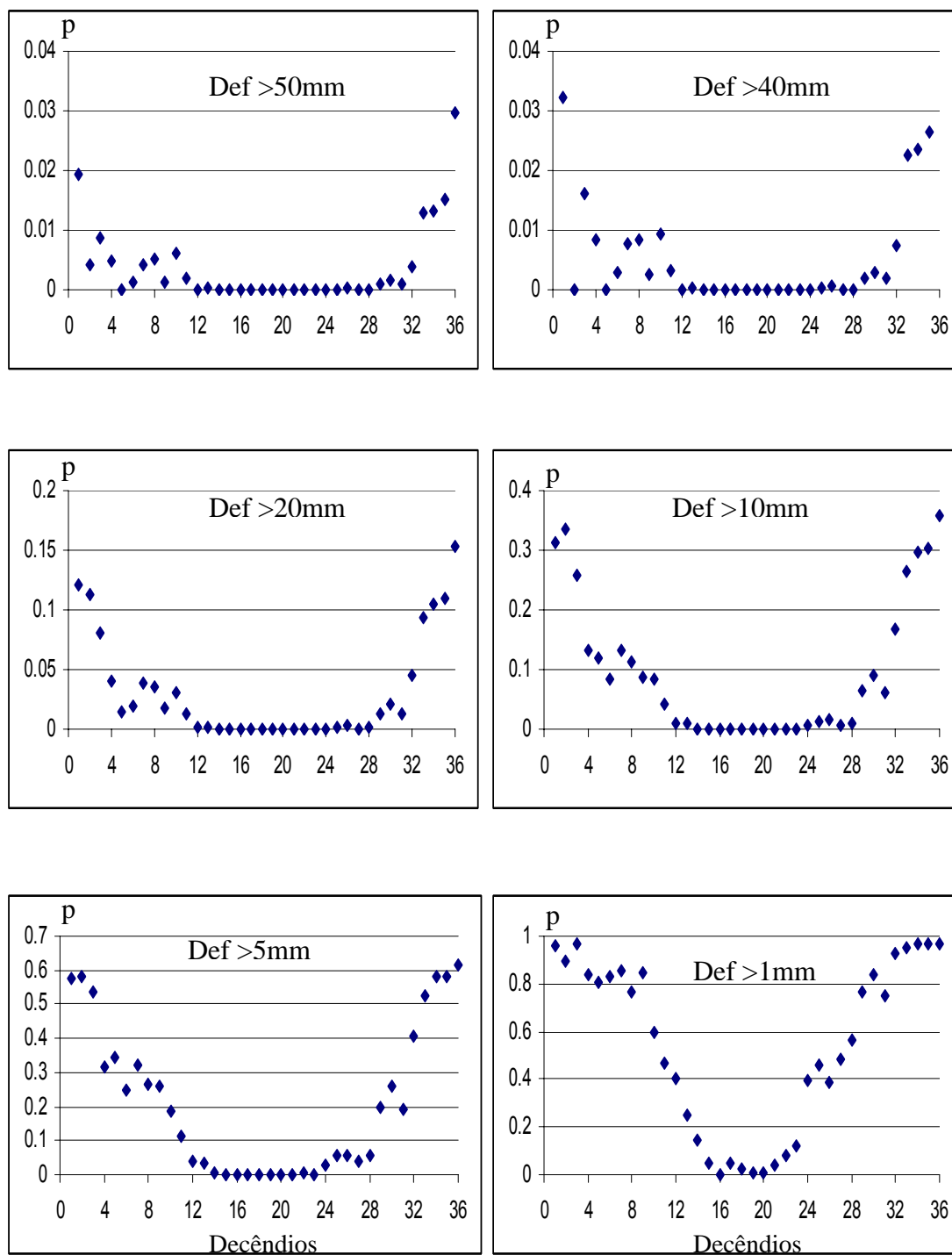


FIGURA 25 – Probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica total do decêndio, maior do que 50, 40, 20, 10, 5 e 1 mm, no solo Santa Maria (Alissolo crômico argilúvico típico) até 55 cm de profundidade e Vila (Chernossolo háplico órtico típico) até 60 cm de profundidade sob vegetação natural, com capacidade de armazenamento de 104mm, na região Central do Rio Grande do Sul.



A ocorrência de deficiência hídrica maior que 5mm por decêndio nos solos Vila e Santa Maria aparecem como altas, com 60% no último decêndio do ano e permanecem próximas de 58% nos dois primeiros decêndios de janeiro e de 55% no último decêndio desse mês. Para os decêndios de fevereiro as probabilidades oscilam entre 31, 33 e 25% respectivamente, no primeiro decêndio de março ainda alcançam 31%, decrescendo para 27% nos segundo e terceiro decêndio do mês. Após há um decréscimo gradativo de 19% até 4% nos três primeiros decêndios de março. Do segundo decêndio de abril ao último decêndio de agosto oscilam próximo a 1%. A partir do primeiro decêndio de setembro há elevação das probabilidades com valores entre 3 a 5% até o primeiro decêndio de outubro, sendo que entre o segundo decêndio de outubro e segundo decêndio de novembro as probabilidades são de 20, 25 e 20% respectivamente.

A deficiência hídrica superior a 50mm nos solos Oásis e Piraí, ocorre no último decêndio de dezembro em apenas 2,8% dos anos e no primeiro decêndio de janeiro em 1,7% dos anos (Figura 26). Após, há elevação dos índices para próximo de 3,0% no segundo decêndio desse mês. Do terceiro decêndio de janeiro ao primeiro decêndio de abril, as probabilidades flutuam próximo de 0,9 e 0,7%. Para o período entre o segundo decêndio de abril e o segundo decêndio de outubro, as probabilidades de ocorrência de  $DHT > 50\text{mm}$  são próximas de zero. Somente em meados de novembro há uma oscilação de 0,02%. Já desde o último decêndio de novembro até o segundo decêndio de dezembro, os valores de probabilidade variam entre 11 a 13%. Nos dois solos, deficiências maiores do que 40mm, ocorrem com uma probabilidade (p) de 1,8 a 3,0% dos anos desde o último decêndio de novembro ao terceiro de dezembro (Figura 26). Para o primeiro decêndio de janeiro as probabilidades ficam próximas a 2,8%, no segundo decêndio em 2% e no terceiro em 1,3%. Para o período entre o primeiro decêndio de fevereiro ao primeiro decêndio de abril, as probabilidades oscilam entre 0,8 e 0,2%, para permanecerem próximas a zero desde 11 de abril até início de outubro. No último decêndio de outubro voltam a aumentar alcançando 0,02 a 0,08% dos anos no segundo decêndio de novembro. Níveis de deficiência hídrica superior a 20mm, apresentam probabilidades entre 8 a 10%, do terceiro decêndio de novembro ao segundo de dezembro. Do segundo decêndio de dezembro ao segundo decêndio de janeiro, a probabilidade apresenta-se com 14, 11 e 13% respectivamente, para decrescer em 0,6% no terceiro decêndio de janeiro.

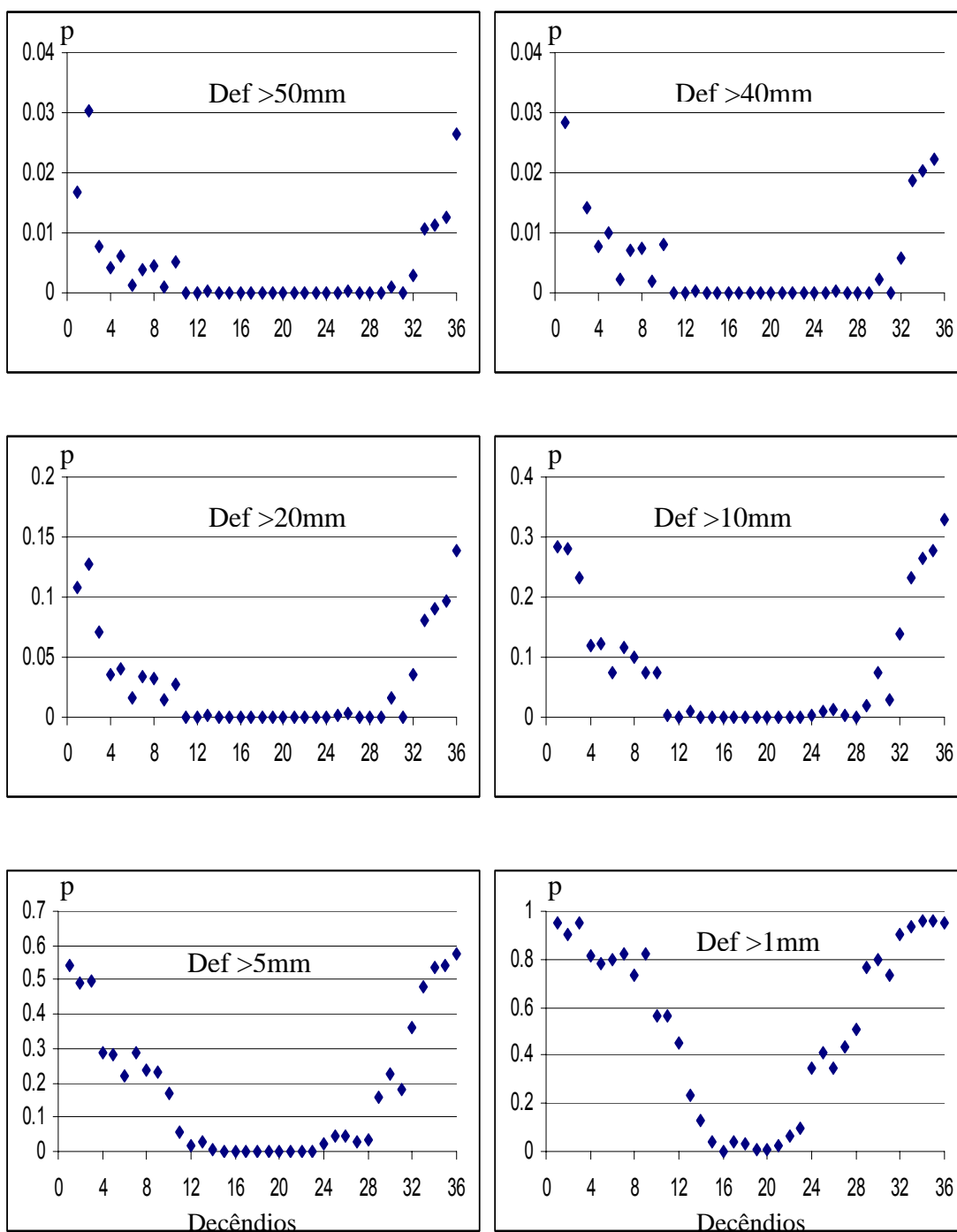


FIGURA 26 – Probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica total do decêndio, maior do que 50, 40, 20, 10, 5 e 1 mm, no solo Oásis (Argissolo vermelho amarelo alissólico), até 65 cm de profundidade e Pirai (Cambissolo háplico eutrófico) até 65 cm de profundidade sob vegetação natural, com capacidade de armazenamento de 120mm, na região Central do Rio Grande do Sul.

No período compreendido entre o primeiro decêndio de fevereiro e o terceiro decêndio de março, as probabilidades oscilam de 0,4 a 0,3%. No segundo decêndio de abril a meados de outubro, as probabilidades ficam próximas de zero e após aumentam gradativamente a partir de 21 de outubro (2%) alcançando 9% no segundo decêndio de novembro.

A probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica maior que 10mm nos solos Oásis e Piraí é relativamente alta no verão. No período de 21 a 30 de novembro já é de 23%, elevando-se gradativamente até 38% no último decêndio de dezembro. Ao longo de janeiro decresce de 30% até 25% e de início de fevereiro ao primeiro decêndio de abril decresce, com oscilações intermediárias, de 12 para 9%. Para os períodos entre meados de abril ao primeiro decêndio de outubro as probabilidades oscilam próximas de zero. De meados de outubro até meados de novembro, as probabilidades são menores do que 8%.

Para níveis de deficiência hídrica superior a 5mm por decêndio nos solos Oásis e Piraí, a probabilidade aumenta de 55 a 58% entre o primeiro decêndio de dezembro ao primeiro de janeiro, decrescendo novamente para 49% até final de janeiro. Do início de fevereiro, a probabilidade decresce gradativamente de 29 para 21% no terceiro decêndio do mês, apresenta um pico de 29% para decrescer gradativamente de 18 a 5% no segundo decêndio de abril. No período de 21 de abril ao segundo decêndio de maio, decresce para 0,5% e após, permanece próxima de zero do terceiro decêndio de maio ao último de agosto. Após, no primeiro decêndio de setembro a probabilidade eleva-se gradativamente de 1% oscilando a 5% até o primeiro decêndio de outubro. De meados de outubro a 10 de novembro a probabilidade continua elevando-se com percentuais entre 15 e 23%, para somente atingir 36% no segundo decêndio e alcançar 48% no último decêndio desse mês.

Para os solos São Pedro e São Gabriel, a probabilidade de ocorrer deficiência hídrica superior a 50mm é de 2,5% no último decêndio de dezembro e de 2,9% no segundo decêndio de janeiro, com uma oscilação de 1,6% no primeiro decêndio do mês (Figura 27). Nos demais decêndios entre 21 de janeiro e 10 de abril, a probabilidade varia entre 0,1 e 0,8%. Após, as probabilidades permanecem iguais a zero do segundo decêndio de abril ao primeiro decêndio de outubro. Do segundo decêndio de outubro ao segundo de novembro há pequena oscilação de 0,2 e 3% respectivamente, para somente no terceiro decêndio de novembro, primeiro e segundo de dezembro, os valores alcançarem 11, 12 e 13% respectivamente.

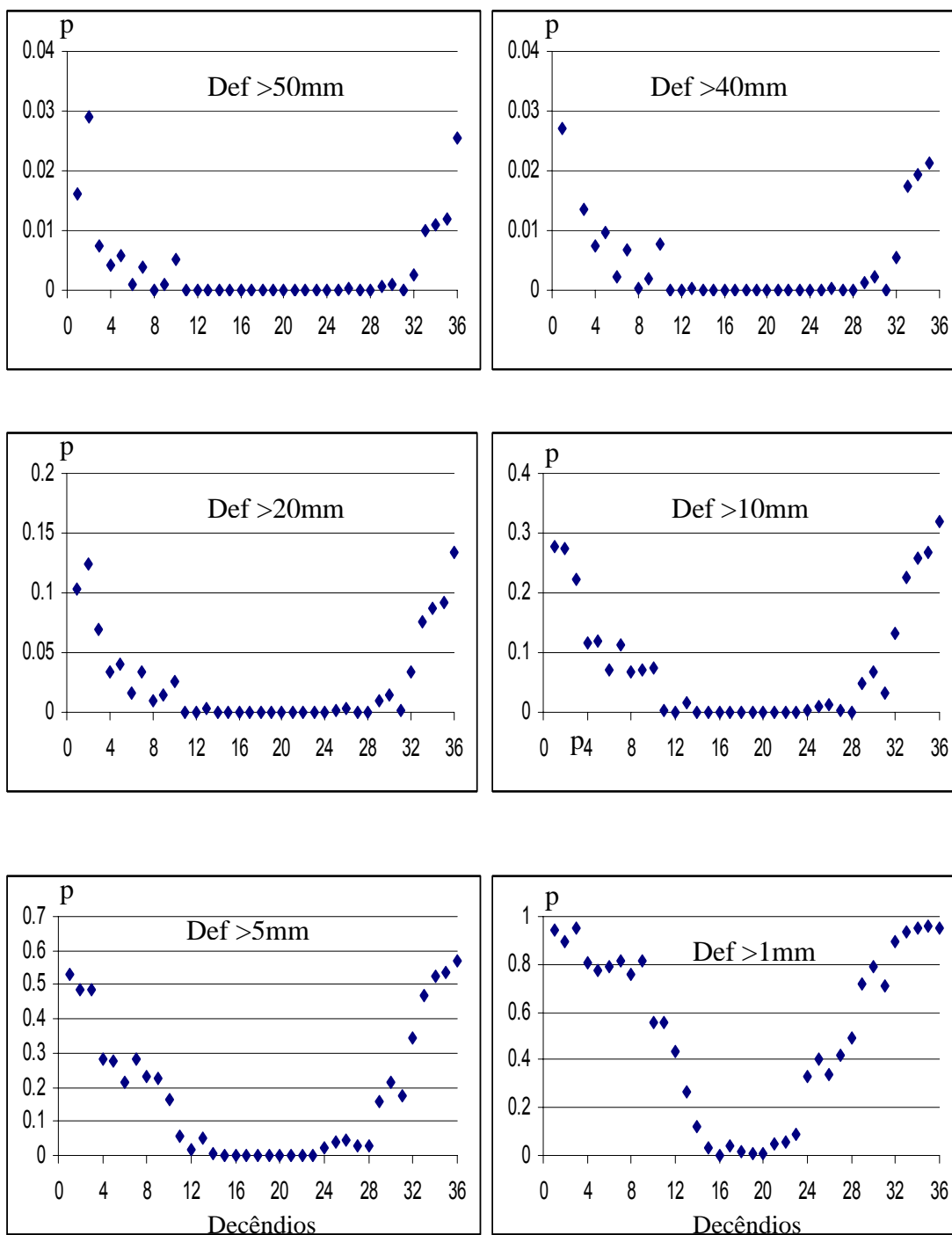


FIGURA 27 – Probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica total do decênio, maior do que 50, 40, 20, 10, 5 e 1 mm, no solo São Gabriel (Planossolo háplico eutrófico típico) até 70 cm de profundidade e São Pedro (Argissolo vermelho distrófico arênico) até 130 cm de profundidade sob vegetação natural, com capacidade de armazenamento de 125mm, na região Central do Rio Grande do Sul.

As deficiências maiores do que 40mm, em solos de 125mm de CAD, ocorrem com maior probabilidade no primeiro (2,8%) e segundo decêndio de janeiro (3,1%), decaindo para 1,4% no terceiro. De primeiro de fevereiro a 10 de abril, a probabilidade apresenta variação entre 1,0 e 0,1%, mantém-se nula do segundo decêndio de abril ao primeiro decêndio de outubro e apresenta uma probabilidade menor do que 0,6% de 11/10 a 20/11. De 21/11 a 31/12 apresenta gradativa elevação de 1,7 a 2,5%.

A probabilidade de ocorrer deficiência de 20mm para os solos São Pedro e São Gabriel, no terceiro decêndio de dezembro é de 14% e no primeiro e segundo decêndio de janeiro oscila entre 10 e 13%. No último decêndio de janeiro a probabilidade é igual a 7% e nos decêndios subseqüentes, até 10 de abril, os valores de p oscilam entre 4 e 1,5%, para então manterem-se nulos do segundo decêndio de abril ao primeiro decêndio de outubro. Após, a probabilidade oscila com valores abaixo de 4%, elevando-se apenas no terceiro decêndio de novembro para 7% e alcança 8 e 9% nos dois primeiros decêndios de dezembro.

Deficiência hídrica maior do que 5mm nos solos São Pedro e São Gabriel, é esperada em torno de 59% dos anos no último decêndio de dezembro, cerca de 54% no primeiro decêndio de janeiro e 49% nos dois últimos decêndios do mês. De início de fevereiro a final de março oscila entre 21 e 29%, decrescendo para 16% no primeiro decêndio de abril. De 01/04 a 10/05 varia entre 2 e 6%, para depois permanecer nula até o último decêndio de agosto. Do início de setembro até 10 de outubro varia entre 2 e 5%, sendo que entre o segundo decêndio de outubro e ao primeiro de novembro a probabilidade de ocorrer deficiência hídrica maior do que 5mm oscila entre 16 a 22%. No segundo decêndio de novembro a probabilidade é de 35%, elevando-se gradativamente para 47% no final de novembro até atingir 58% no último decêndio de dezembro.

Na análise das probabilidades de ocorrência de deficiência hídrica nos solos com alta capacidade de armazenar água, como Vacacaí e Alto das Canas (CAD = 135mm) e Cerrito (CAD = 215mm), nos meses de abril a outubro não ocorrem deficiências maiores que 40mm ou 50mm e que para deficiências menores (DHT>20mm e DHT>10mm), a probabilidade é praticamente nula entre meados de abril e agosto (Figuras 28 e 29). Deficiências maiores que 40mm ou 50mm tem maior probabilidade de ocorrer desde o último decêndio de dezembro e ao segundo de janeiro, porém não ultrapassam 4 % dos anos nos solos com 135mm de CAD e

1,7% dos anos no solo Cerrito. Para esse último solo, a probabilidade oscila entre 0,4 e 0,1% do terceiro decêndio de janeiro ao último de março e de 0,1 a 0,6% de 11 de novembro a 20 de dezembro. Nesses mesmos períodos para os solos com 135mm de CAD, as probabilidades praticamente dobraram.

Deficiências hídricas totais do decêndio maiores do que 20mm no solo Cerrito, tem maior probabilidade de ocorrência no terceiro decêndio de dezembro (8,1%), decrescendo para 1% em final de março, enquanto nos dois solos com CAD de 135mm o valor máximo no mesmo decêndio é de 12,5%. O aumento gradativo da probabilidade de 0,7% no segundo decêndio de outubro para 5% no segundo decêndio de dezembro, apresenta a mesma proporção em relação aos solos Vacacaí e Alto das Canas no período de decréscimo de probabilidade. Já para deficiências maiores do que 10mm no solo Cerrito, a maior probabilidade alcançou 22%, no terceiro decêndio de dezembro, decresce gradativamente para 4% em final de março e novamente apresenta valor significativo crescente desde meados de outubro (4%) até o segundo decêndio de dezembro, quando alcança 17%. Em relação ao solo Cerrito, nos solos Vacacaí e Alto das Canas as probabilidades de ocorrer  $DHT > 10\text{mm}$  nesses mesmos períodos são cerca de 50% maiores.

Considerando que em períodos decendiais a ocorrência de 40mm ou mais de deficiência hídrica é decorrente de períodos contínuos de deficiência hídrica, com média diária maior do que 4mm, é lógico esperar que as probabilidades sejam baixas tal como verificado nas análises desse trabalho. Com base nesses dados pode-se também inferir que nos períodos da sua ocorrência, as condições são em geral extremas, considerando a variação meteorológica em relação ao clima regional, e tais níveis de deficiência tem efeito negativo drástico sobre a vegetação. No entanto, as deficiências totais acumuladas no decêndio podem não expressar o nível mais crítico de deficiência hídrica, uma vez que os valores de deficiência podem estar se acumulando desde vários decêndios anteriores. Considerando que os solos Cerrito, Vacacaí e Alto das Canas são os de maior CAD e os solos Charrua, Ciríaco e Guassupi são os de menor CAD na região, os valores de probabilidade obtidos para deficiências hídricas máximas podem expressar de forma mais adequada os extremos por decêndio na região, visto que incluem deficiências decendiais de períodos contínuos de deficiência hídrica que com frequência iniciaram no decêndio ou em decêndios anteriores, principalmente no caso dos níveis altos de deficiência hídrica (20mm, 40mm e 50mm).

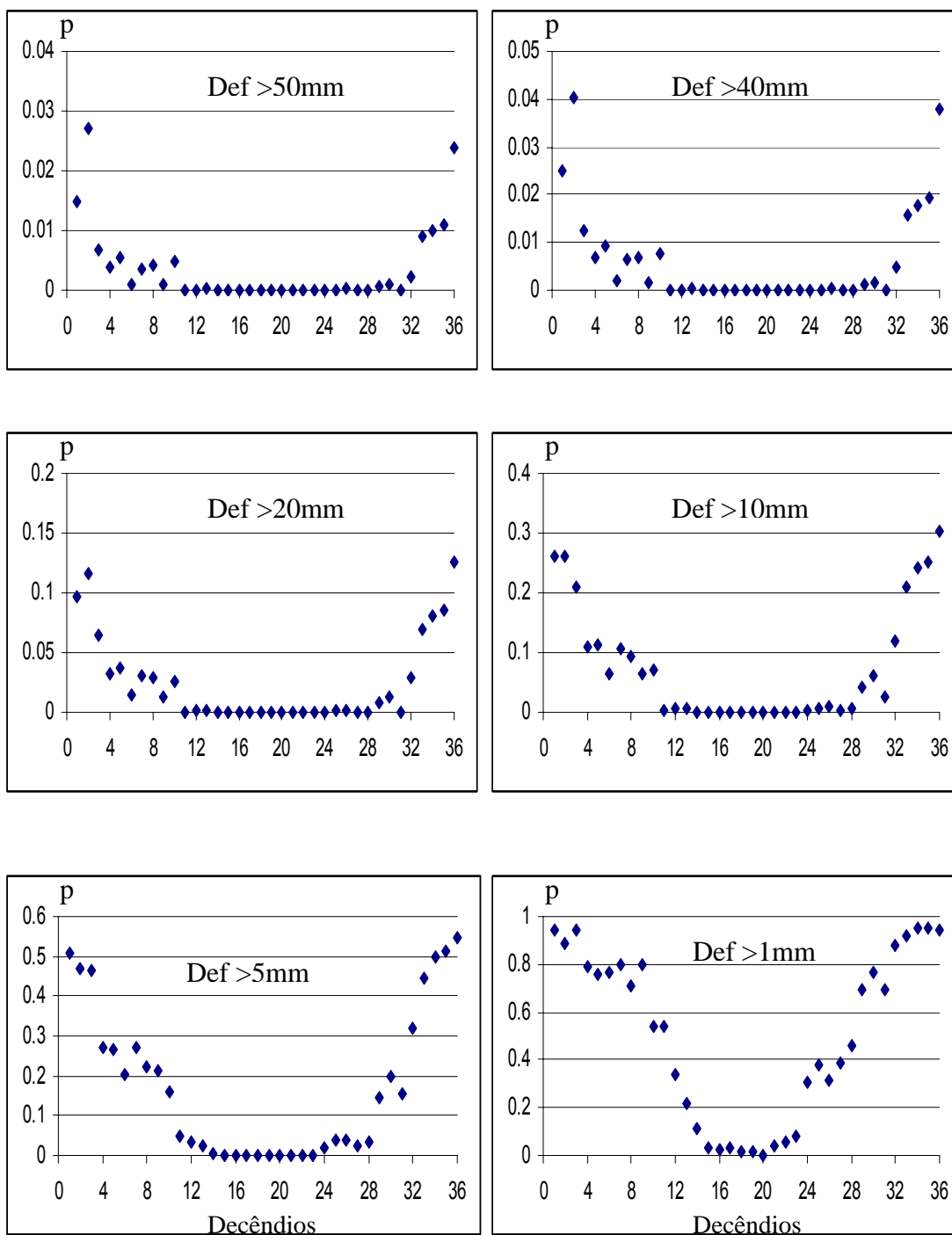


FIGURA 28 – Probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica total do decênio, maior do que 50, 40, 20, 10, 5 e 1 mm, no solo Vacacaí (Planossolo hidromórfico eutrófico arênico) até 70 cm de profundidade, Cambai(Luvisolo crômico órtico típico) até 67cm de profundidade e Alto das Canas(Argissolo vermelho distrófico latossólico) até 110 cm de profundidade, sob vegetação natural, com capacidade de armazenamento de 135mm , na região Central do Rio Grande do Sul.

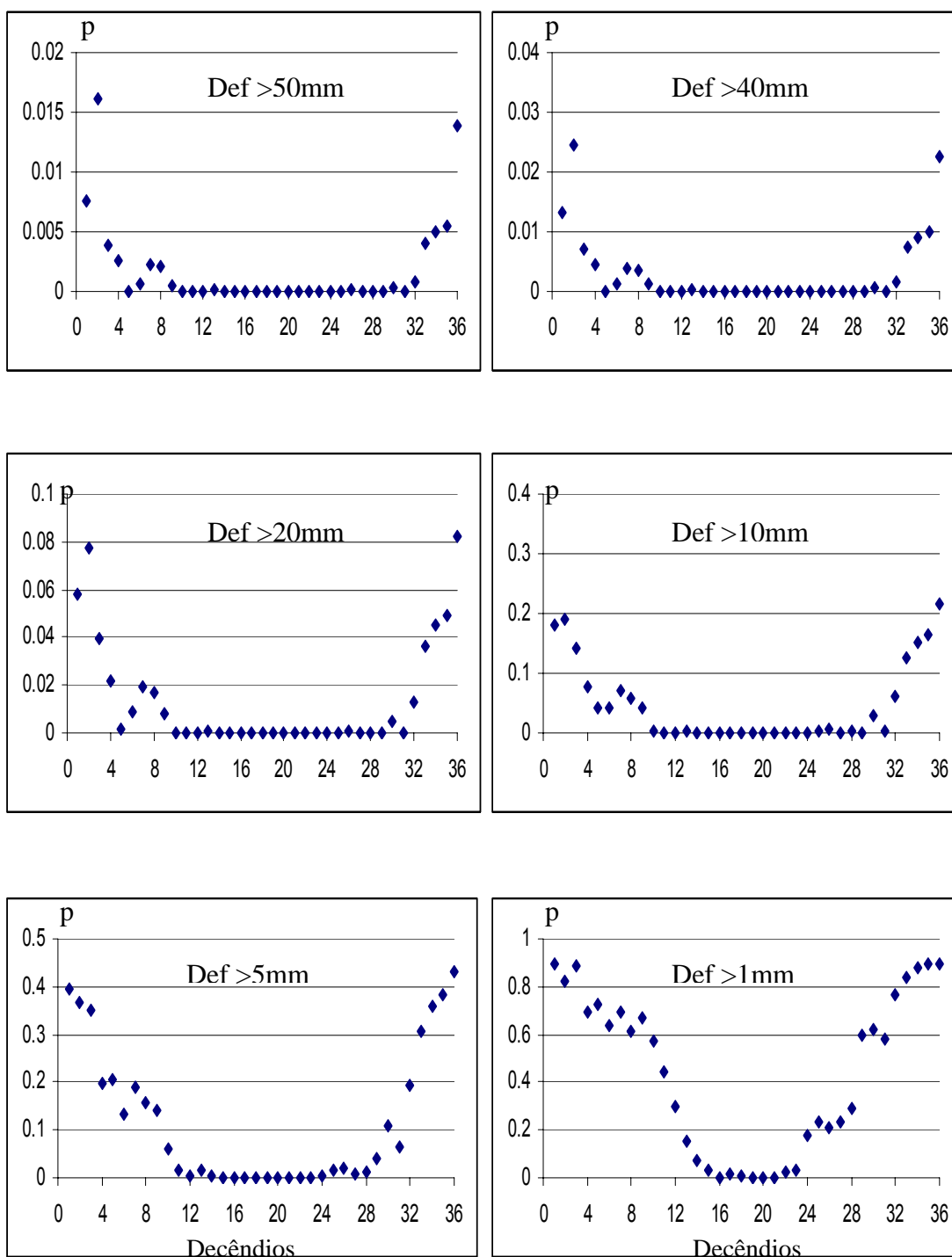


FIGURA 29 – Probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica total do decênio, maior do que 50, 40, 20, 10, 5 e 1 mm, no solo Cerrito (Latossolo vermelho distrófico argissólico) até 136 cm de profundidade, sob vegetação natural, com capacidade de armazenamento de 215mm, na região Central do Rio Grande do Sul.



#### **4.5 DIFERENÇA ENTRE PROBABILIDADES DE OCORRÊNCIA DE DEFICIÊNCIAS HÍDRICAS MÁXIMAS E TOTAIS EM PERÍODOS DECENDIAIS**

Nas figuras 30 e 31 são apresentadas as diferenças de probabilidade de deficiências hídricas máximas (DHM) em relação às deficiências hídricas totais (DHT) de cada decêndio do período de início de janeiro a 20 de março e de 11 de outubro a 31 de dezembro, respectivamente. Nos demais decêndios as diferenças não são apresentadas por serem em geral muito pequenas (<5%), sendo em mais de 80% dos casos menor do que 1%. Maiores detalhes relacionados a essas diferenças de probabilidades (DHM-DHT), podem ser verificados no Anexo V.

Nos decêndios com as maiores probabilidades de ocorrer deficiências hídricas de diferentes níveis ou magnitudes, são verificadas as maiores diferenças entre DHM e DHT, sendo as máximas na grande maioria dos casos maiores do que as totais. Verifica-se ainda uma tendência de ocorrer maior diferença de probabilidade na medida em que a capacidade de armazenamento de água dos solos diminui de 215mm para 40mm. Essa resposta é teoricamente correta, pois os solos com maior capacidade de armazenamento de água apresentam menor probabilidade de ocorrer deficiência hídrica, o que se reflete mais no acúmulo de deficiências continuadas em decêndios consecutivos do que no total acumulado apenas dentro do referido decêndio. Além disso, a diferença de valores pequenos de probabilidade é menor em relação aos valores grandes devido à sua própria magnitude, porém, se nesse caso as diferenças forem expressas em percentual do valor absoluto das deficiências máximas ou totais, essa última tendência não é verificada. Em outras palavras, as diferenças relativas seriam similares para as diferentes CADs.

Considerando a discussão das diferenças entre deficiências hídricas máximas e totais mensais (item 4.3) e os resultados obtidos para períodos decendiais, verifica-se que houve inversão na resposta. Provavelmente porque períodos de deficiência hídrica continuada por mais do que três decêndios são menos freqüentes do que a freqüência de vários períodos de deficiência com magnitude menor no mesmo período. Assim, a totalização dessas deficiências subseqüentes no período mensal geralmente supera o valor do maior pico das deficiências de períodos parciais dentro do mês. Já nos períodos decendiais, o número de períodos de deficiência continuada é bem menor do que no mês, enquanto a probabilidade de

ocorrer um determinado valor máximo aumenta porque inclui um número de dias “n” que podem abranger vários decêndios anteriores.

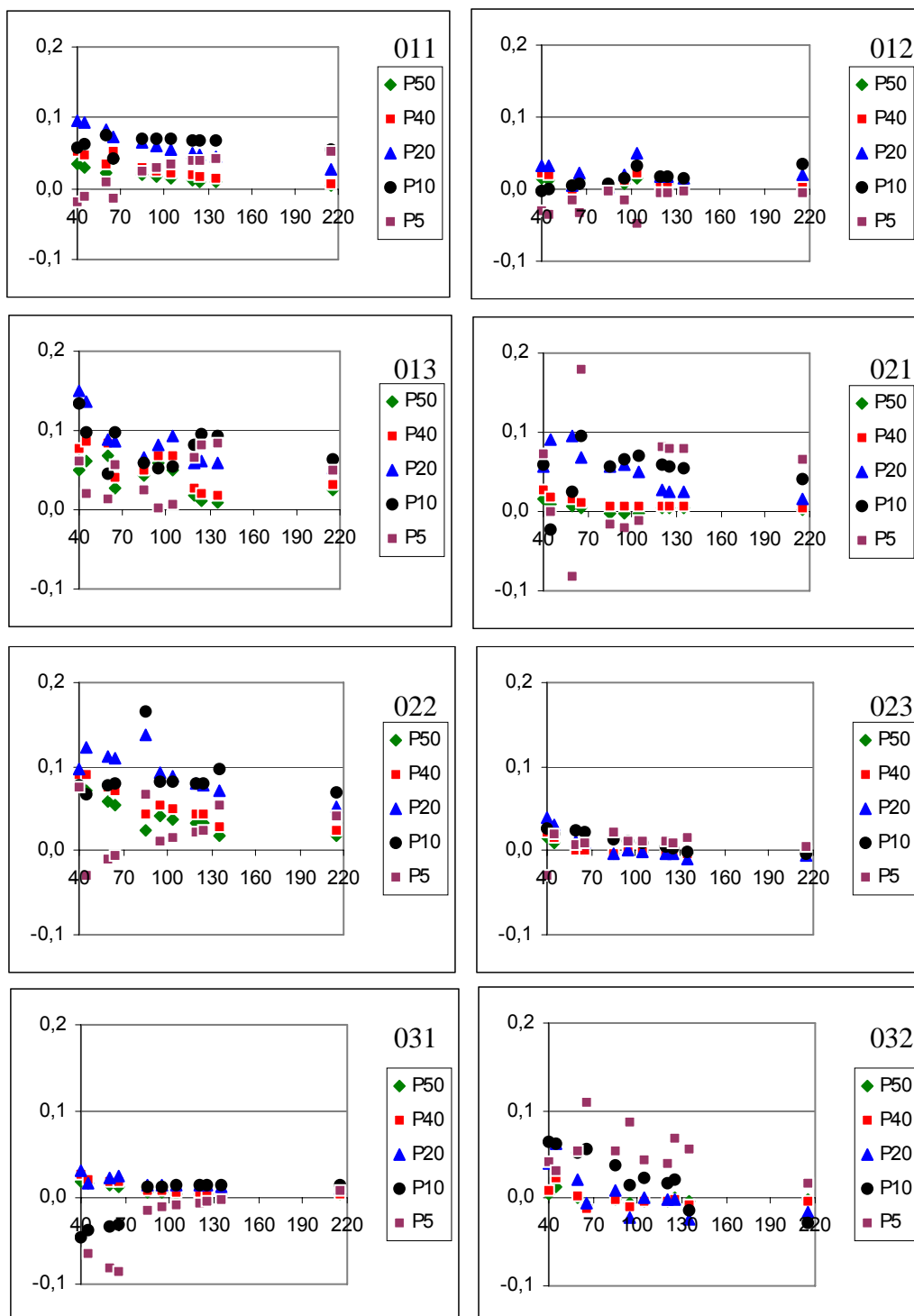


FIGURA 30 - Diferença entre valores de probabilidade de ocorrer deficiências máximas em qualquer dia no decêndio e deficiências totais decendiais maiores do que 50mm (P50), 40mm (P40), 20mm (P20), 10mm (P10) e 5mm (P5), no período de 01/01 a 20/03 (verão) nos solos com capacidade de armazenamento de água entre 40 e 215mm da região de Santa Maria, RS e municípios vizinhos. Obs.: no n°. de identificação, os dois primeiros dígitos representam o mês e o último a ordem do decêndio no referido mês.

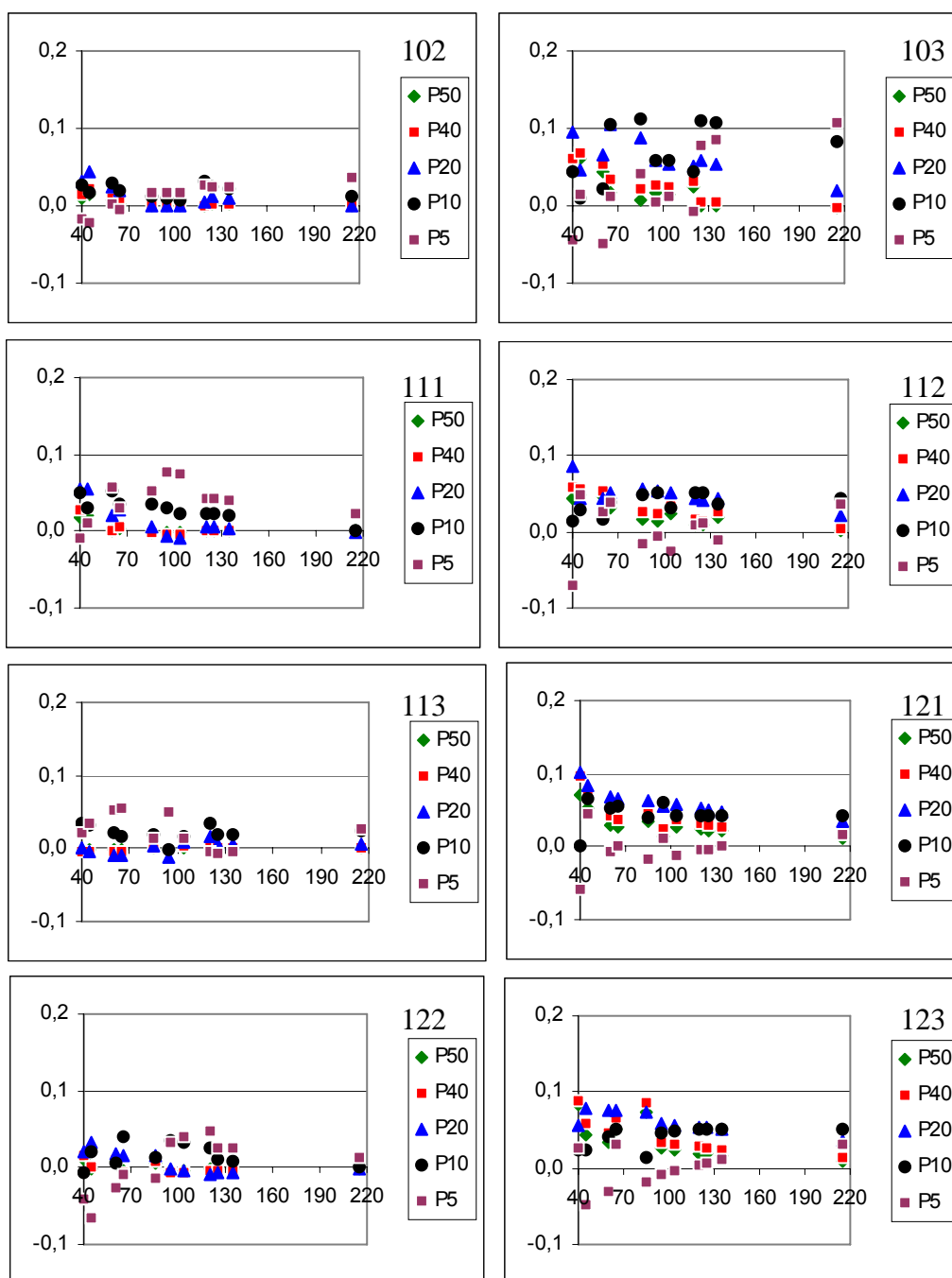


FIGURA 31 - Diferença entre valores de probabilidade de ocorrer deficiências máximas em qualquer dia no decêndio e deficiências totais decendiais maiores do que 50mm (P50), 40mm (P40), 20mm (P20), 10mm (P10) e 5mm (P5), no período de 21/10 a 31/12 (primavera) nos solos com capacidade de armazenamento de água entre 40 e 215mm da região de Santa Maria, RS e municípios vizinhos. Obs.: no n°. de identificação, os dois primeiros dígitos representam o mês e o último a ordem do decêndio no referido mês.

#### 4.6 PROBABILIDADES DE OCORRÊNCIA DE DEFICIÊNCIAS HÍDRICAS EM PERÍODOS QÜINQUÍDIAIS

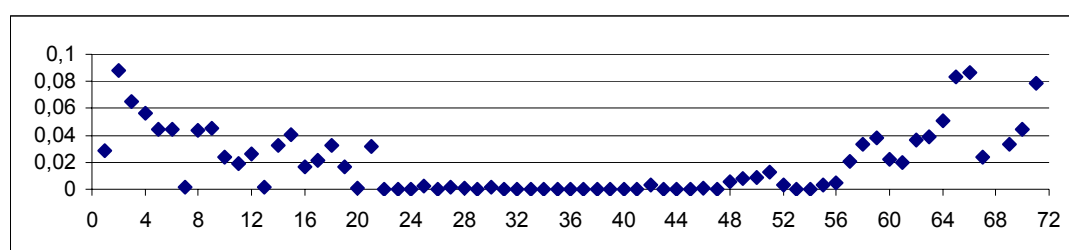
Na discussão das probabilidades de ocorrer deficiência hídrica nos períodos quinquídiais, considerou-se apenas os resultados para deficiências totais para os níveis maiores do que 10mm, 5mm e 1mm (Figuras 32 a 41), visto que as probabilidades para deficiência maior do que 20mm (DHT>20mm), foram nulas no período de 21 de abril ao final de agosto, não alcançando 9% dos anos, qualquer que fosse a CAD do solo ou o quinquídio considerado, no período de ocorrência das maiores deficiências e probabilidades.

Na análise das deficiências hídricas ocorridas nos períodos quinquídiais, para os solos Charrua (CAD = 40mm), Ciríaco e Guassupi (CAD=45mm), as maiores probabilidades de ocorrer deficiência hídrica total maior do que 10mm (DHT>10mm) são de 30% no segundo quinquídio de janeiro e de dezembro. Exceto esses dois valores, a probabilidade oscilou entre 20 e 25% do quarto quinquídio de novembro ao último quinquídio de janeiro (Figuras 32 e 33). Do segundo quinquídio de fevereiro ao terceiro quinquídio de março e do primeiro ao terceiro quinquídio de novembro, a probabilidade oscilou entre 10 e 18%, com dois desvios para menos (4%) no primeiro quinquídio de fevereiro e de março. Entre o quarto quinquídio de março e o terceiro de abril, bem como entre o primeiro quinquídio de setembro e o último quinquídio de outubro, a probabilidade oscilou entre 1 e 10%, sendo nula entre o quarto quinquídio de abril e o primeiro de agosto.

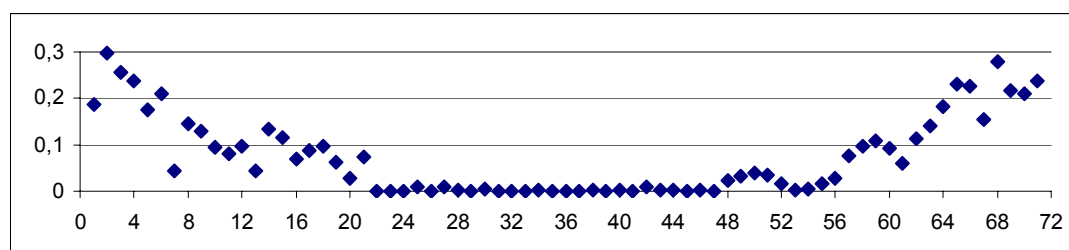
Para deficiências hídricas maiores do que 5mm, a probabilidade de ocorrência oscila entre 40 e 49% dos anos, desde o quarto quinquídio de novembro e o penúltimo de janeiro. Desde o primeiro quinquídio de fevereiro ao terceiro de abril, a probabilidade decresceu gradativamente de 38% para 15% e do quarto quinquídio de agosto ao terceiro de novembro aumentou de 7% para 36%. No período do segundo quinquídio de março ao quinto quinquídio de agosto, a probabilidade da maioria dos quinquídios é nula ou alcança no máximo 1% dos anos. Para DHT>1mm em cinco dias, a probabilidade de ocorrência oscilou entre 80 e 98%, no período do terceiro quinquídio de novembro ao penúltimo quinquídio de fevereiro. Do último quinquídio de fevereiro ao segundo quinquídio de abril e do segundo quinquídio de outubro ao segundo de novembro, a probabilidade oscilou entre 60 e 80%, decres-

cendo desde o terceiro quinqüídio de abril ao último de março de 50% para 5% e aumentando desde o último quinqüídio de julho (17%) até o penúltimo de setembro (58%). Desde o período de primeiro quinqüídio de junho ao penúltimo de julho, a probabilidade foi menor do que 9% dos anos, o que é uma probabilidade muito baixa em se tratando de 1mm a 4,9mm, visto que a probabilidade para DHT>5mm é menor do que 1%. Nas figuras 32 e 33 verifica-se ainda, que os valores de probabilidade ao longo do ano, apresentam algumas flutuações significativas em relação à tendência

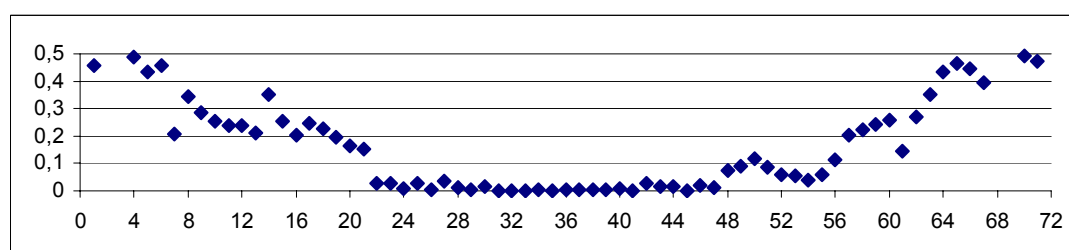
Def.&gt;20mm



Def.&gt;10mm



Def.&gt;5mm



Def.&gt;1mm

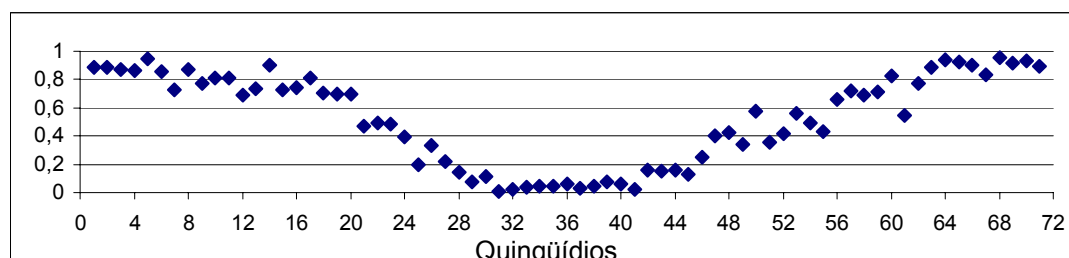
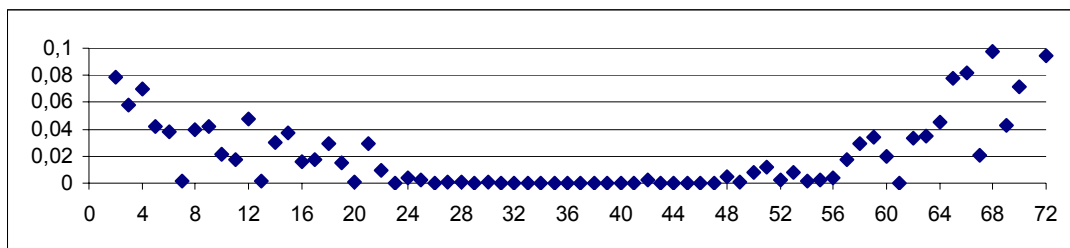
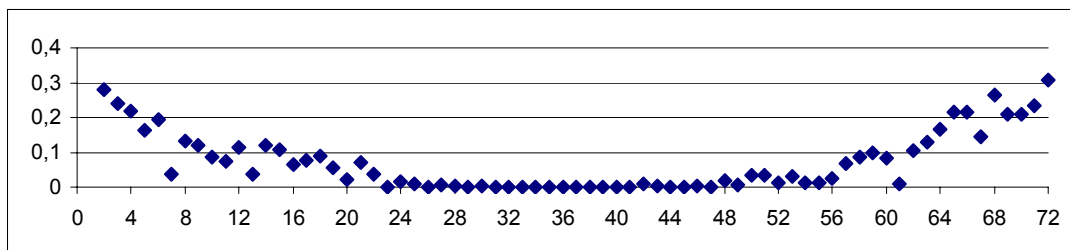


FIGURA 32 – Probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica total do quinqüídio, maior do que 20, 10, 5 e 1 mm, no solo Charrua (Neossolo litólico eutrófico chernossólico) até 20 cm de profundidade com capacidade de armazenamento de 40mm sob vegetação natural, na região Central do Rio Grande do Sul.

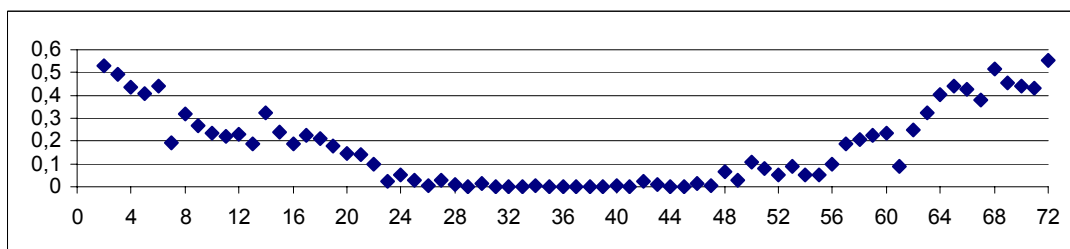
Def.&gt;20mm



Def.&gt;10mm



Def.&gt;5mm



Def.&gt;1mm

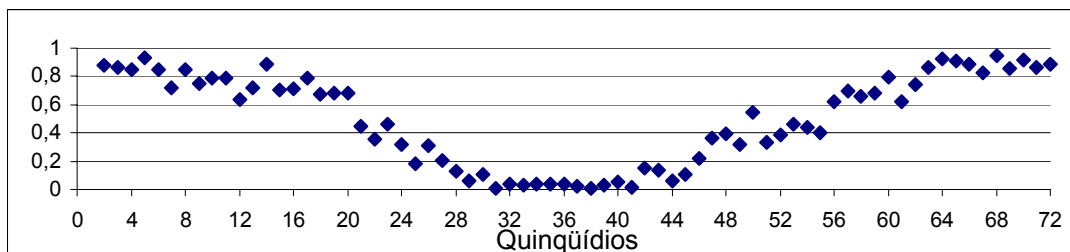
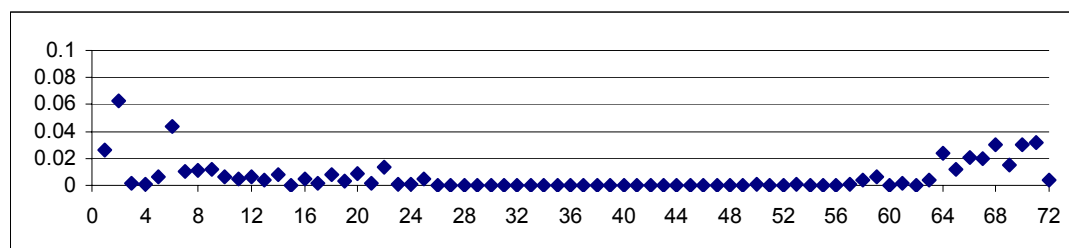


FIGURA 33 – Probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica total no quinqüídio, maior do que 20, 10, 5 e 1 mm, no solo Ciríaco (Chernossolo argilúvico férrico típico), até 48 cm de profundidade e Guassupi (Neossolo lítico distrófico típico), com 20cm de profundidade e 10cm de fenda, sob vegetação natural, com capacidade de armazenamento de 45mm, na região Central do Rio Grande do Sul.

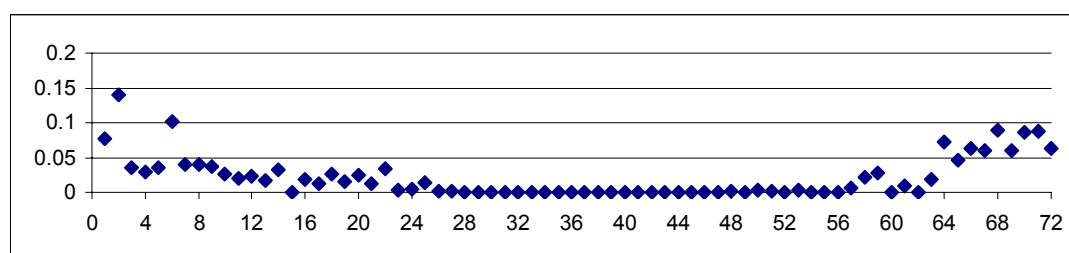
dos valores dos demais quinqüídios. Essas variações podem ser conseqüência da utilização de funções de probabilidades diferentes e / ou da utilização de diferentes formas de transformação dos valores de deficiência. Podem também ser conseqüência da flutuação real da probabilidade, visto que os mesmos desvios aparecem nas probabilidades obtidas para os demais solos com CAD de 215mm (Figura 34) e CADs intermediárias (Figuras 35, 36, 37, 38, 39, 40 e 41), o que seria

um indicativo de que o número de 36 anos utilizados pode não ser suficiente para análise de probabilidade de ocorrência de DHT em períodos quinquiduais.

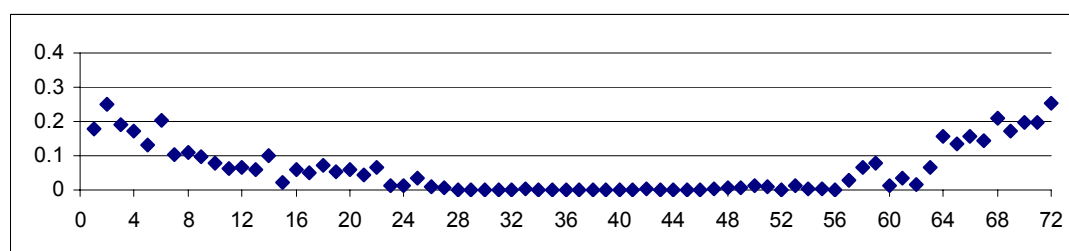
Def.>20mm



Def.>10mm



Def.>5mm



Def.>1mm

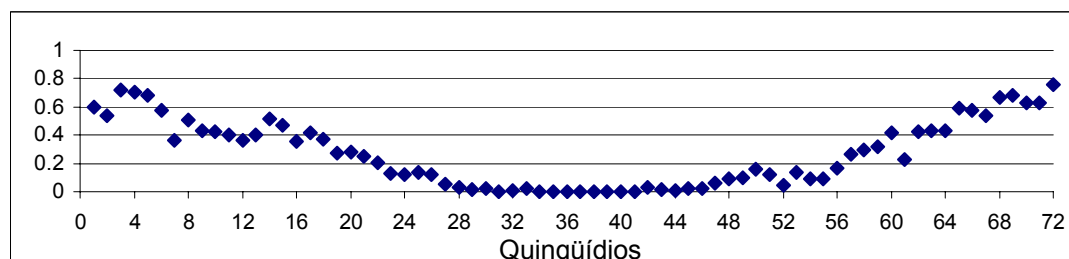


FIGURA 34 – Probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica total do quinquídio, maior do que 20, 10, 5 e 1 mm, no solo Cerrito (Latossolo vermelho distrófico argissólico) até 136 cm de profundidade sob vegetação natural, com capacidade de armazenamento de 215mm, na região central do Rio Grande do Sul.

Considerando o outro extremo de CAD dos solos da região, para o solo Cerrito (Figura 34), as deficiências maiores do que 10mm ocorrem em no máximo 14% dos anos no segundo quinquídio de janeiro. Desde o quarto quinquídio de novembro ao primeiro quinquídio de janeiro, a probabilidade oscila entre 5 e 9%.

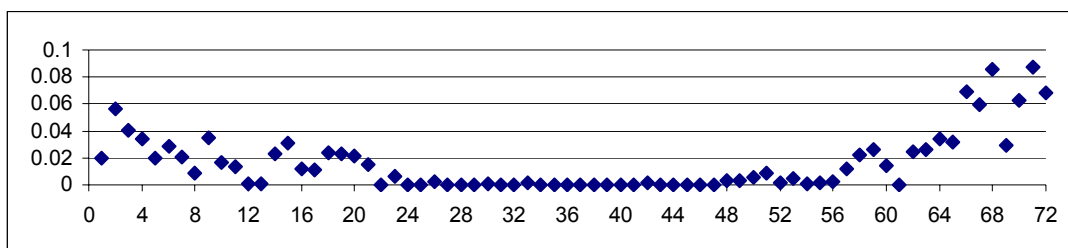
Após o pico de 14% no segundo quinqüídio de janeiro, a probabilidade oscila entre 4% e 2% desde o terceiro quinqüídio de janeiro até o quarto quinqüídio de abril, exceto no quinto quinqüídio de janeiro quando alcançou 10% e no terceiro de março quando não alcançou 1%. Entre o penúltimo quinqüídio de abril ao primeiro de maio a probabilidade oscilou entre 1 e 2% e do segundo quinqüídio de maio ao terceiro quinqüídio de outubro, é nula. Entre o quarto quinqüídio de outubro e o terceiro de novembro as probabilidades oscilam entre 4 e 1% e após, até final de dezembro situam-se entre 5 e 9%. Deficiências hídricas superiores a 5mm, tem probabilidade de ocorrer em 25% dos anos no último quinqüídio de dezembro e no segundo de janeiro. Nos demais quinqüídios de janeiro e dezembro, a probabilidade variou entre 18 e 21%, exceto no penúltimo quinqüídio de janeiro quando atingiu 13%. Do primeiro quinqüídio de fevereiro (10%) decresceu gradativamente até o primeiro quinqüídio de maio (3%) com algumas oscilações mais acentuadas no terceiro e quarto quinqüídio de março e nos dois últimos de abril. Do terceiro quinqüídio de abril ao segundo quinqüídio de outubro, a probabilidade permanece nula, somente elevando-se para 2 a 8% do terceiro quinqüídio de outubro ao terceiro de novembro. Após ocorre elevação gradativa das probabilidades de cerca de 13 a 16% no quarto e quinto quinqüídio de novembro, respectivamente, até alcançar 20% no penúltimo quinqüídio de dezembro.

Os níveis de deficiência hídrica maior do que 1mm oscilam entre 60 e 78% no período do segundo quinqüídio de dezembro ao último quinqüídio de janeiro, com exceção dos segundo quinqüídio de janeiro (57%). Do primeiro quinqüídio de fevereiro ao último quinqüídio de março bem como do último quinqüídio de outubro ao primeiro quinqüídio de dezembro, as probabilidades oscilaram de 38 a 55%, exceto no primeiro quinqüídio de novembro quando foi de 23%. Do primeiro quinqüídio de abril (26%) ao terceiro quinqüídio de maio (5%) o decréscimo foi gradativo e do penúltimo de agosto até o penúltimo de outubro ocorreu aumento de 5% para 32% mas do terceiro ao último quinqüídio de setembro a probabilidade permaneceu menor do que 15%.

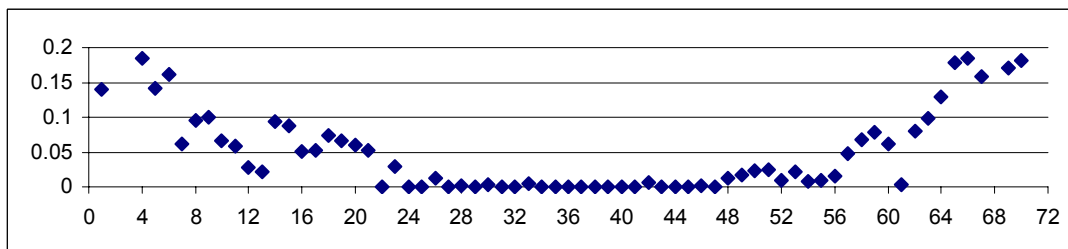
Para os demais solos da região de abrangência desse estudo, com CADs maiores do que 45mm e menores do que 215mm (Figuras 35, 36, 37, 38, 39 e 40), os valores de probabilidade são intermediários àqueles dos solos com CAD extrema e decrescem proporcionalmente ao aumento do valor da CAD de 60 para 130mm.



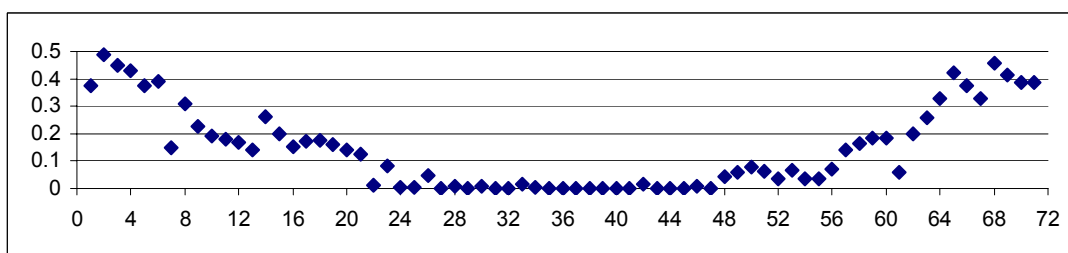
Def.&gt;20mm



Def.&gt;10mm



Def.&gt;5mm



Def.&gt;1mm

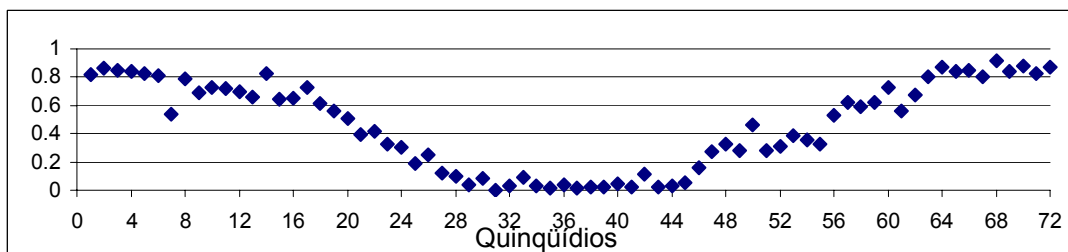
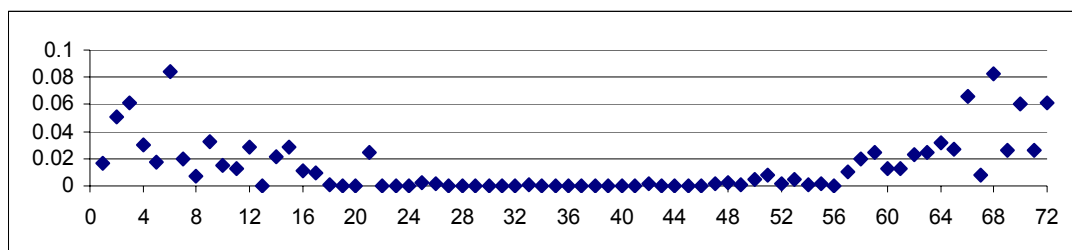
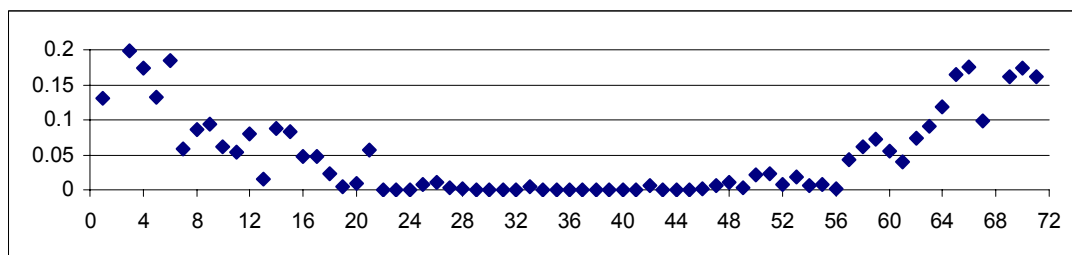


FIGURA 35 – Probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica total no quinquídio, maior do que 20, 10, 5 e 1 mm, no solo Júlio de Castilhos (Argissolo vermelho amarelo alumínico típico), até 60 cm de profundidade, sob vegetação natural, com capacidade de armazenamento de 60mm, na região Central do Rio Grande do Sul.

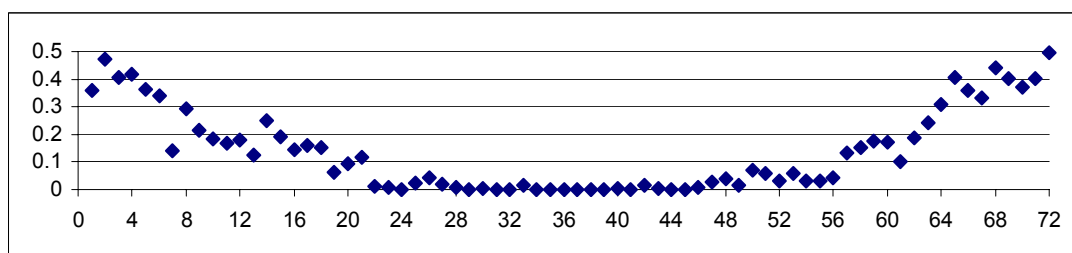
Def.&gt;20mm



Def.&gt;10mm



Def.&gt;5mm



Def.&gt;1mm

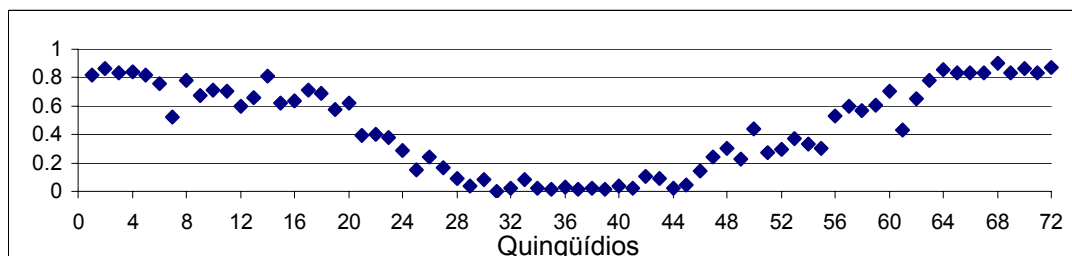
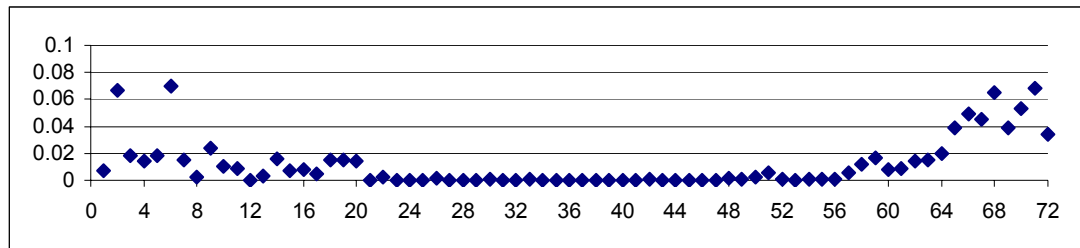
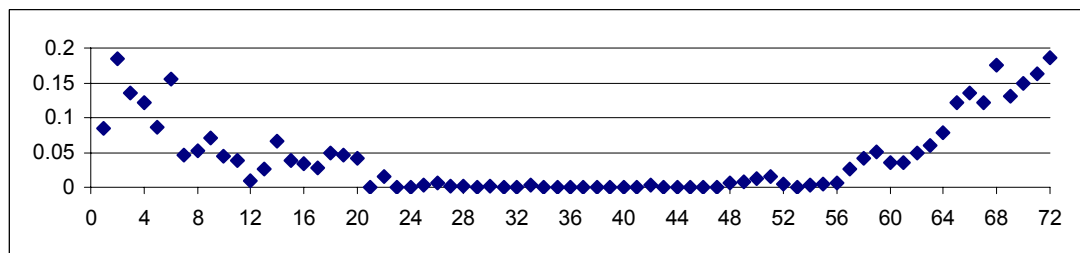


FIGURA 36 – Probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica total no quinquênio, maior do que 20, 10, 5 e 1 mm, no solo Guassupi “profundo” (Neossolo litólico distrófico típico), até 40 cm de profundidade, sob vegetação natural, com capacidade de armazenamento de 65mm, na região Central do Rio Grande do Sul.

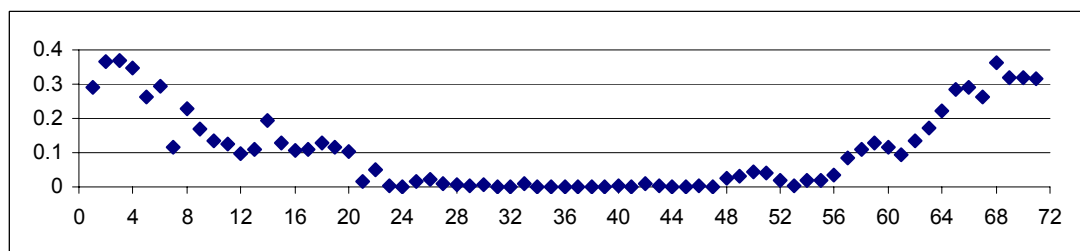
Def.&gt;20mm



Def.&gt;10mm



Def.&gt;5mm



Def.&gt;1mm

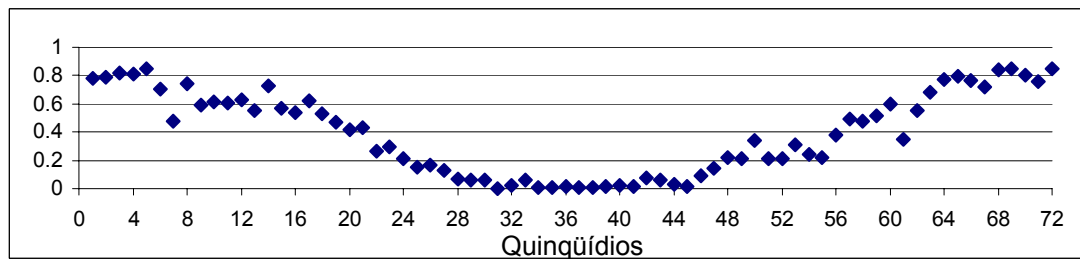
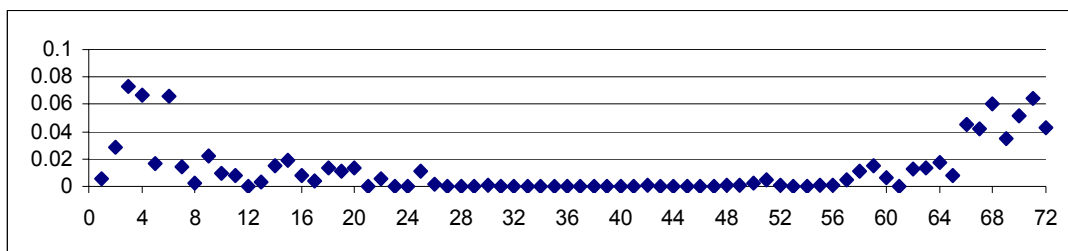
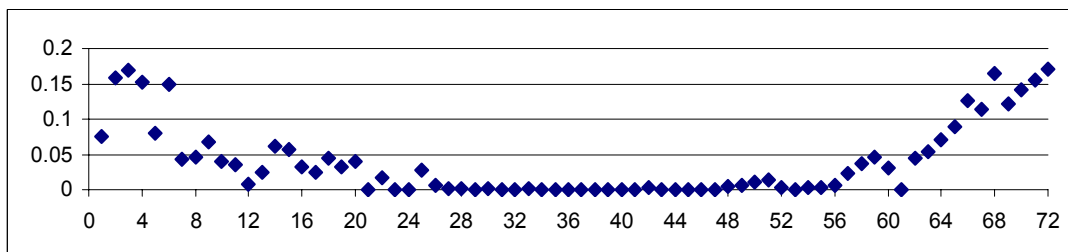


FIGURA 37 – Probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica total no quinqüídio, maior do que 20, 10, 5 e 1 mm, no solo Venda Grande (Chernossolo argilúvico órtico saporlítico) até 75 cm de profundidade sob vegetação natural, com capacidade de armazenamento de 95mm, na região Central do Rio Grande do Sul.

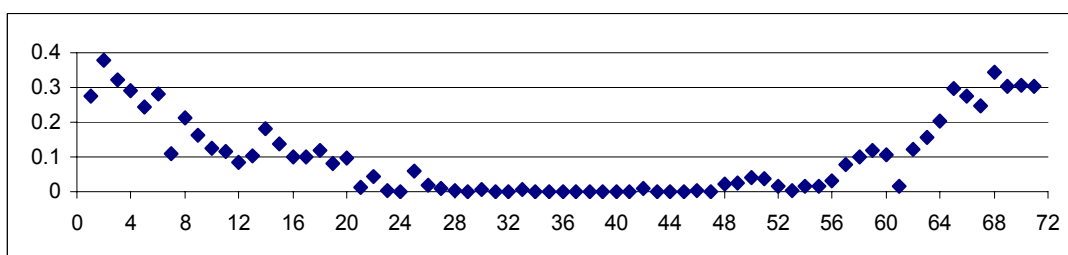
Def.&gt;20mm



Def.&gt;10mm



Def.&gt;5mm



Def.&gt;1mm

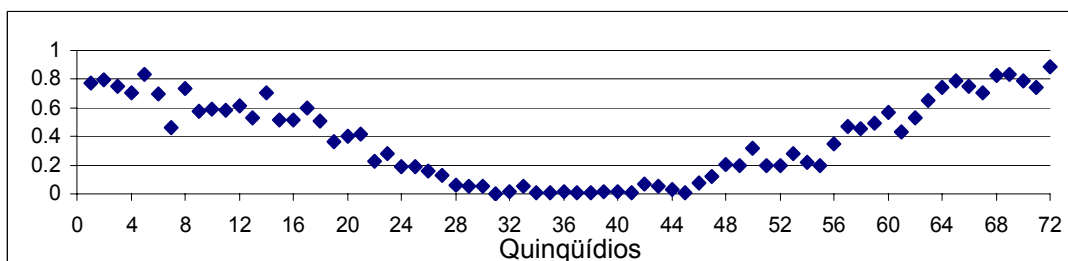
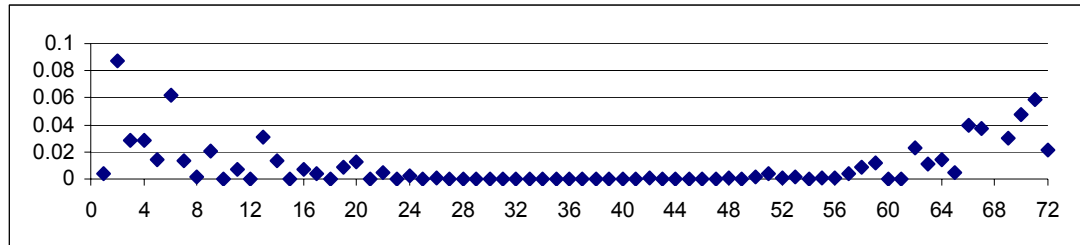
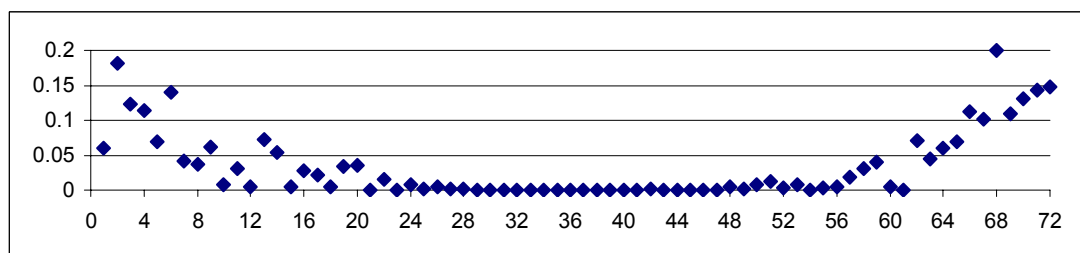


FIGURA 38 – Probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica total do quinqüídio, maior do que 20, 10, 5 e 1 mm, no solo Santa Maria (Alissolo crômico argilúvico típico) até 55 cm de profundidade e Vila (Chernossolo háplico órtico típico) até 60 cm de profundidade sob vegetação natural, com capacidade de armazenamento de 104mm, na região Central do Rio Grande do Sul.

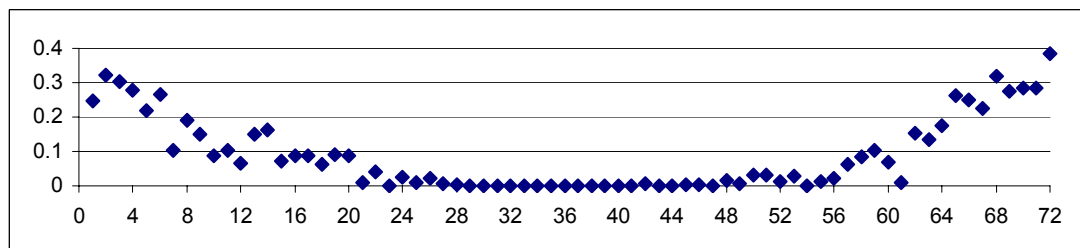
Def.&gt;20mm



Def.&gt;10mm



Def.&gt;5mm



Def.&gt;1mm

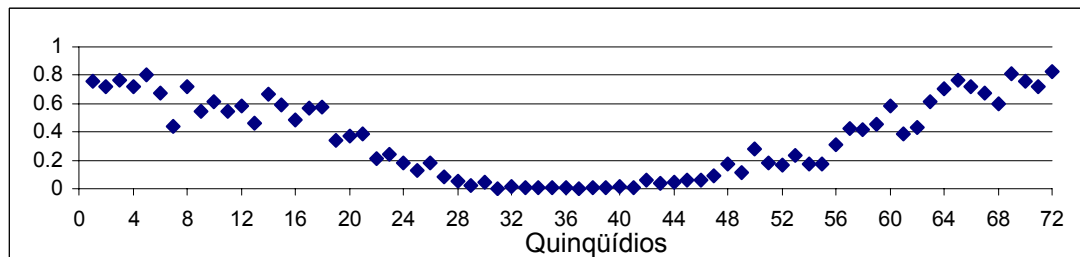
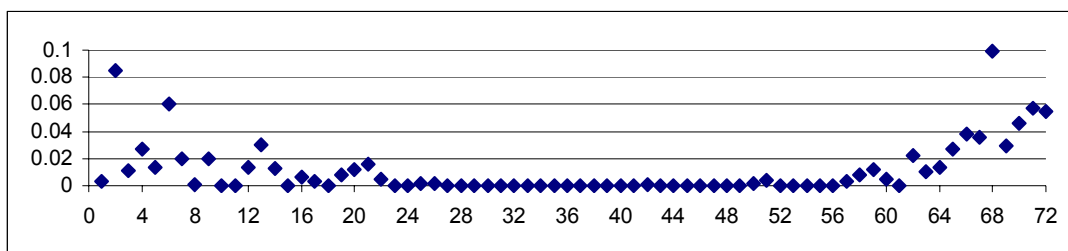
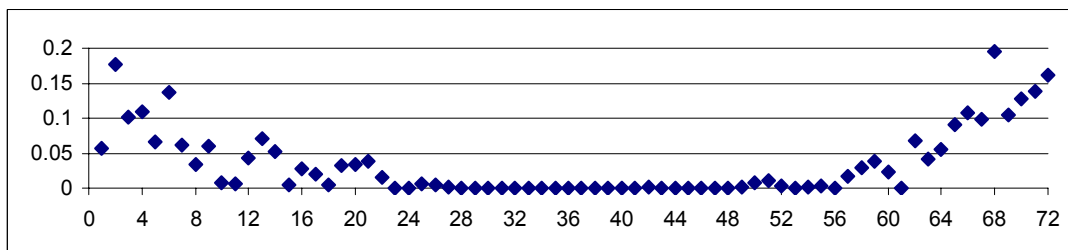


FIGURA 39 – Probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica total do quinquídio, maior do que 20, 10, 5 e 1 mm, no solo Oásis (Argissolo vermelho amarelo aluminico alissólico), até 65 cm de profundidade, sob vegetação natural, com capacidade de armazenamento de 120mm, na região Central do Rio Grande do Sul.

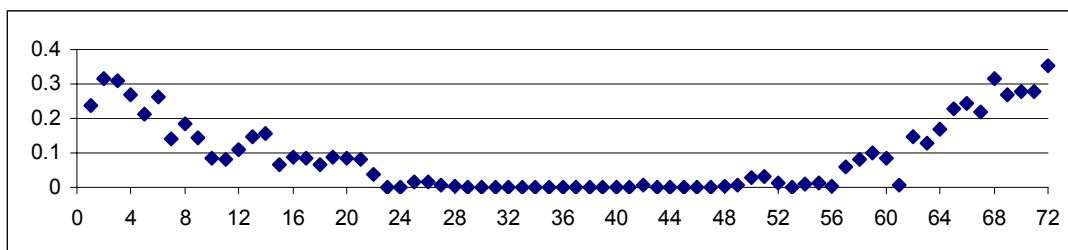
Def.&gt;20mm



Def.&gt;10mm



Def.&gt;5mm



Def.&gt;1mm

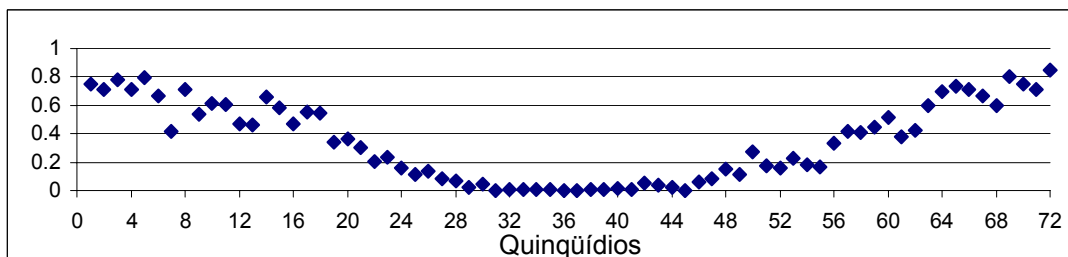
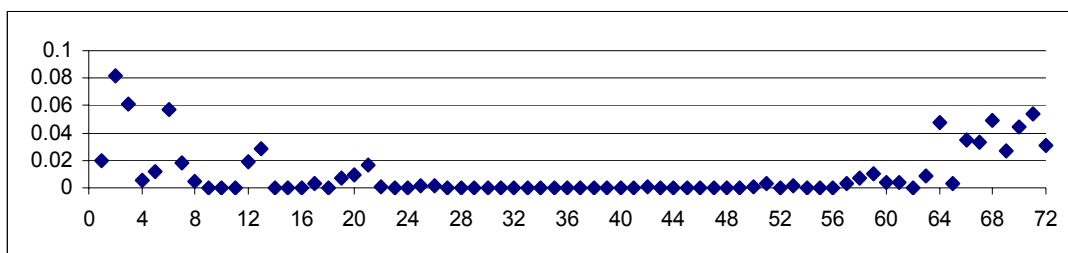
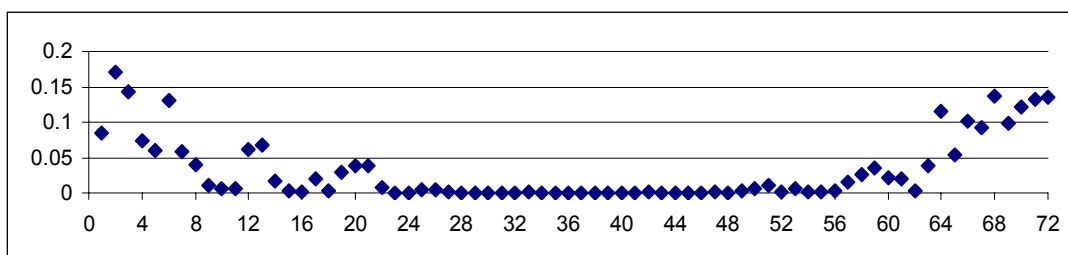


FIGURA 40 – Probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica total do quinquídio, maior do que 20, 10, 5 e 1 mm, no solo São Pedro (Argissolo vermelho amarelo distrófico arênico) até 130cm de profundidade e São Gabriel (Planossolo háplico eutrófico típico) até 70 cm sob vegetação natural, com capacidade de armazenamento de 125mm, na região Central do Rio Grande do Sul.

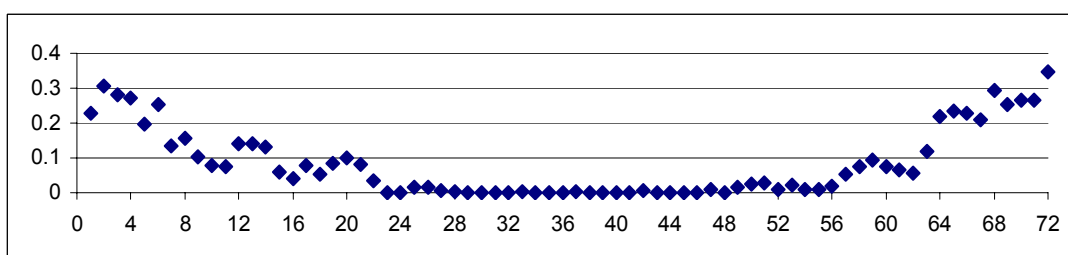
Def.&gt;20mm



Def.&gt;10mm



Def.&gt;5mm



Def.&gt;1mm

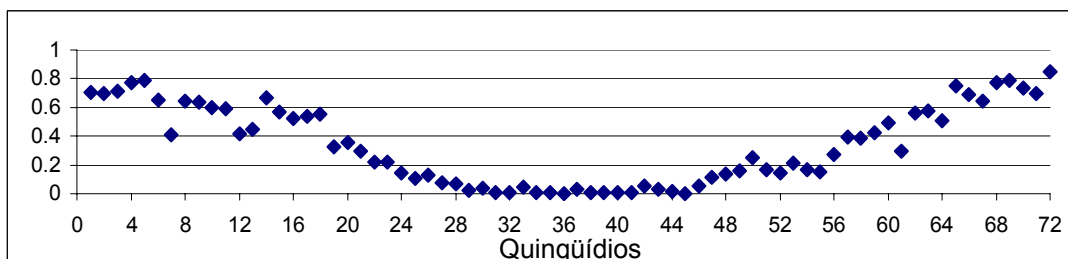


FIGURA 41 – Probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica total do quinquídio, maior do que 20, 10, 5 e 1 mm, no solo Vacacaí (Planossolo hidromórfico eutrófico arênico) até 70mm cm de profundidade, Cambai (Luvisolo crômico órtico típico) até 67 cm de profundidade e Alto das Canas (Argissolo vermelho distrófico latossólico) até 110 cm de profundidade, sob vegetação natural, com capacidade de armazenamento de 135mm, na região Central do Rio Grande do Sul.

#### **4.7 DIFERENÇAS DE PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE DEFICIÊNCIA HÍDRICA TOTAL MENSAL EM FUNÇÃO DO MÉTODO DE CÁLCULO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO E ESCALA DE TEMPO DO BALANÇO HÍDRICO.**

Na figura 42 são apresentadas as diferenças de probabilidade de ocorrência de deficiências hídricas totais (DHT) maiores do que 50, 40, 20, 10 e 5mm entre balanços hídricos para os quais a ETP foi calculada pelos métodos de Thornthwaite e Penman, sendo o balanço hídrico com dados de ETP Penman calculado para períodos mensais (Figuras 42a a 42e) e para períodos diários (Figuras 42f a 42j). As sete colunas de cada mês representam, na ordem da esquerda para a direita, a diferença de probabilidade para solos com CAD de 45mm, 60mm, 95mm, 104mm, 125mm, 135mm e 215mm. Os meses de junho e julho não foram incluídos nessa análise porque para os dados obtidos pelo método de Thornthwaite nenhuma função de probabilidade se ajustou, acontecendo o mesmo para o mês de setembro. Na comparação dos resultados de balanços hídricos mensais para os dois métodos de cálculo de ETP (Figuras 42a a 42e), verifica-se que no verão e outono as probabilidades para o método de Thornthwaite ( $p_{TH}$ ) são maiores do que para o método de Penman ( $p_{Pen}$ ), exceto no mês de fevereiro e para níveis de  $DHT > 40mm$  no mês de março, nos quais não há uma tendência definida. Nos meses de agosto a novembro houve inversão, principalmente para os níveis de deficiência maiores do que 20mm, 10mm e 5mm. Verifica-se também que as diferenças em geral não ultrapassam 10% para  $DHT > 50mm$  e  $DHT > 40mm$ , mas no outono podem alcançar até 18% para  $DHT > 20mm$  e 20 a 30% para  $DHT > 10mm$  e  $DHT > 5mm$ . Na primavera as diferenças são menores do que no final do verão e no outono para todos os níveis de deficiência hídrica considerados (Figuras 42a a 42e). Essas diferenças representam apenas o efeito da utilização dos dois métodos de estimativa da ETP, visto que nos dois casos o balanço hídrico foi realizado na escala de tempo mensal. Assim, as diferenças obtidas devido à utilização dos dois métodos de estimativa de ETP, mostram que no outono, possivelmente devido à estimativa de valores maiores de ETP pelo método de Thornthwaite, predominam os valores positivos ( $p_{TH} - p_{Pen} > 0$ ). Na primavera quando os valores de ETP estimados pelos dois métodos apresentaram as menores diferenças, também as diferenças de  $p$  são menores, predominando valores de diferença negativos ( $p_{TH} - p_{Pen} < 0$ ), exceto em dezembro.



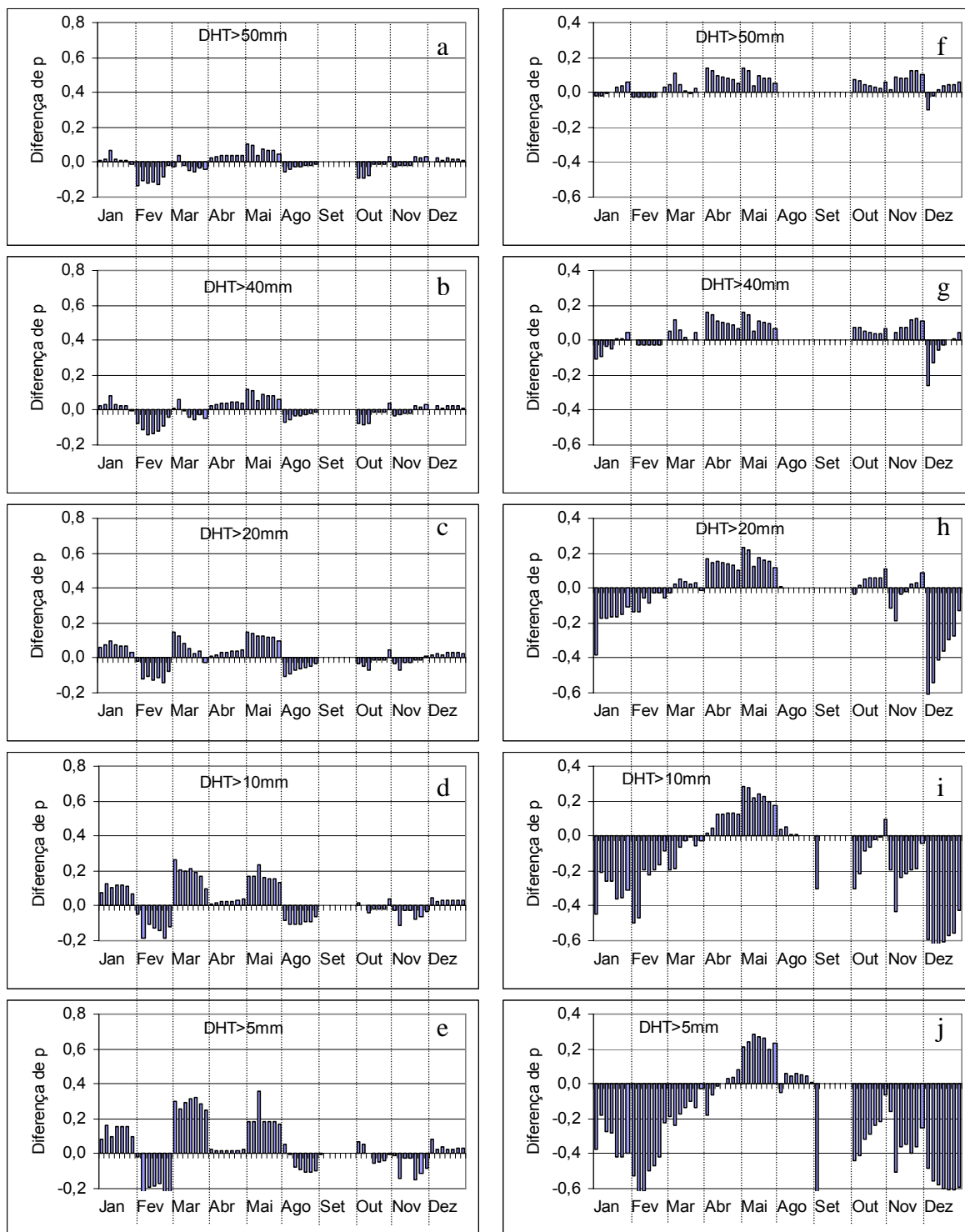


FIGURA 42 - Diferenças de probabilidade ( $p$ ) de ocorrência de deficiências hídricas totais mensais (DHT) maiores do que 50, 40, 20, 10 e 5mm, obtidas através de balanço hídrico seqüencial (BH), para os quais a evapotranspiração (ETP) foi calculada pelos métodos de Thornthwaite e de Penman, sendo o BH com dados de ETP Penman calculado para períodos mensais (a a e) e para períodos diários (f a j); as sete colunas de cada mês representam, na ordem (esquerda  $\rightarrow$  direita), a diferença de  $p$  para solos da região central do Rio Grande do Sul, com capacidade de armazenamento de água de 45, 60, 95, 104, 125, 135 e 215mm, respectivamente.

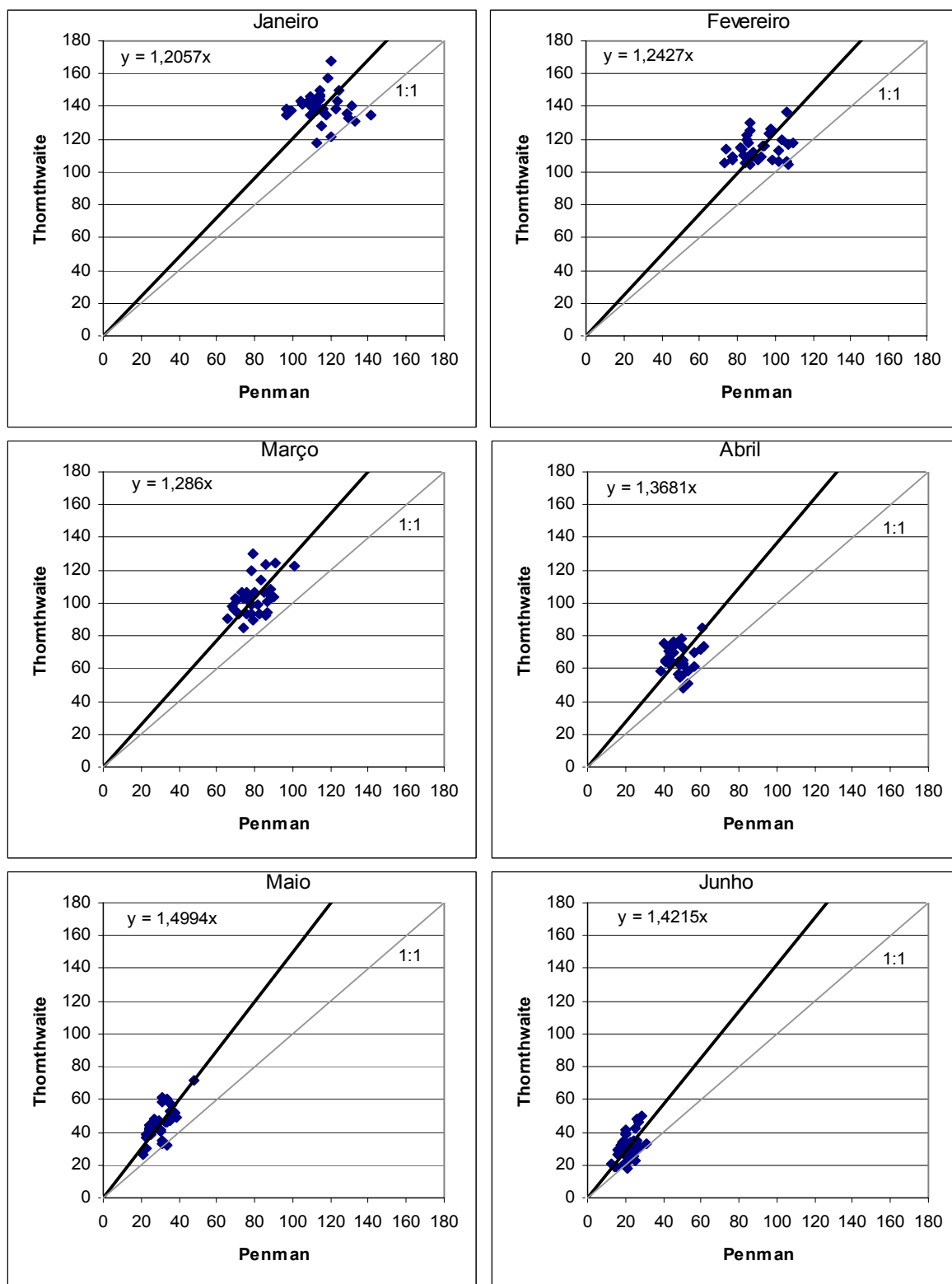


FIGURA 43 – Relação entre os valores mensais de evapotranspiração potencial estimada com os métodos de Penman, com dados diários acumulados no mês, e de Thornthwaite. Santa Maria, RS, 1968-2004.

Na Figura 43 verifica-se que nos meses de janeiro a junho a evapotranspiração potencial (ETP) estimada com o método de Thornthwaite é significativamente maior do que a ETP estimada pelo método de Penman, ocorrendo o mesmo em julho (Figura 44). Em agosto e dezembro ainda prevalece essa tendência na maioria das repetições, enquanto que no período de setembro a novembro praticamente não há diferença entre os valores de ETP estimados pelos dois métodos (Figura 44). Em parte isso pode estar relacionado ao teor de umidade no ar, pois no outono a umidade relativa do ar é maior do que na primavera (MORENO, 1961) e, conseqüentemente, o déficit de saturação do ar é menor no outono. Disso pode resultar que na equação de Thornthwaite um mesmo valor de temperatura mensal determinaria mesma ETP (não ajustada ao número de dias do mês e duração média do dia no mês – Anexo I ), mas pelo método de Penman, no qual se considera o déficit de saturação do ar, em geral na primavera seria estimado um valor maior do que no outono, que é mais úmido, tendendo a alcançar os valores de ETP de Thornthwaite nos meses de agosto a novembro.

No entanto, a principal causa dessa diferença é a de que a temperatura do ar apresenta uma defasagem no tempo em relação à disponibilidade de radiação solar. A comparação das temperaturas médias normais dos meses de equinócio, março (22,7°C) e setembro (16,4°C) conforme Moreno (1961), ou dos valores normais mais recentes, com 22,2°C e 16,2°C nos respectivos meses, calculadas para o período de 1961 a 1990 pelo Instituto Nacional de Meteorologia, confirma essa afirmação. Isso significa que para uma mesma disponibilidade de radiação solar no período do ano em que predomina o aquecimento da atmosfera na região, agosto a novembro, a temperatura é menor do que no período em que predomina o resfriamento da atmosfera na região. Visto que a equação de Penman considera o saldo de radiação e o método de Thornthwaite apenas a temperatura e visto que na região este método em geral, se considerado todo o ano, superestima a ETP em relação à do método de Penman (Figura 45a), é no período de aquecimento da atmosfera que as estimativas através dos dois métodos mais se aproximam (Figura 45b). No período do ano em que predomina o resfriamento da atmosfera, ocorrem as maiores diferenças entre os valores mensais de ETP estimados pelos dois métodos [Figura 45c (com a reta de comparação forçada a passar pela origem) e 45d]. Portanto, essas diferenças de cálculo da ETP são a principal causa das diferenças de probabilidade de ocorrer DHT mensal, quando o cálculo do BH seqüencial também é em escala de mensal.

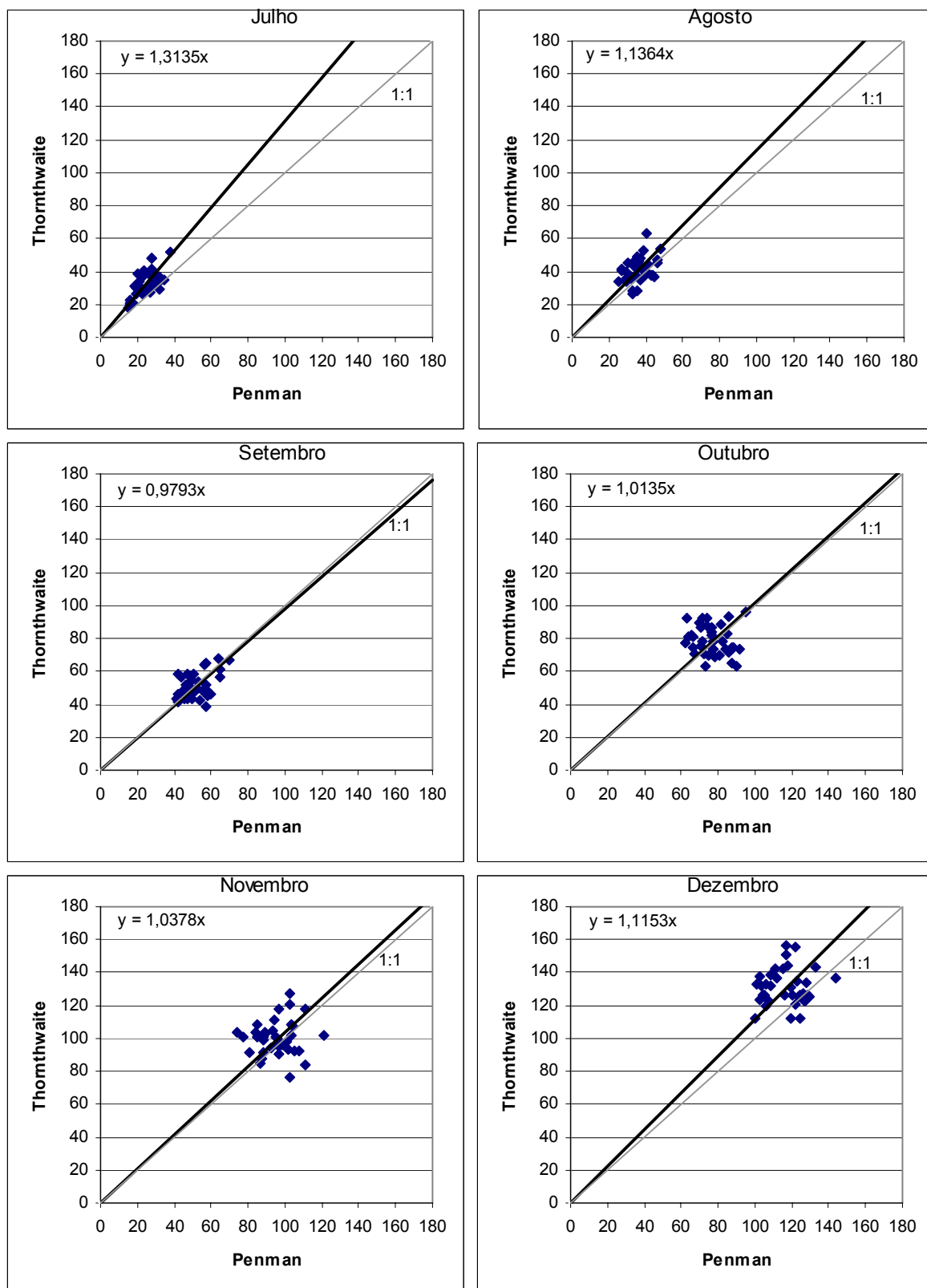


FIGURA 44 - Valores mensais de evapotranspiração potencial estimada através dos métodos de Penman com dados diários acumulados no mês e de Thornthwaite. Santa Maria, RS, 1968-2004.

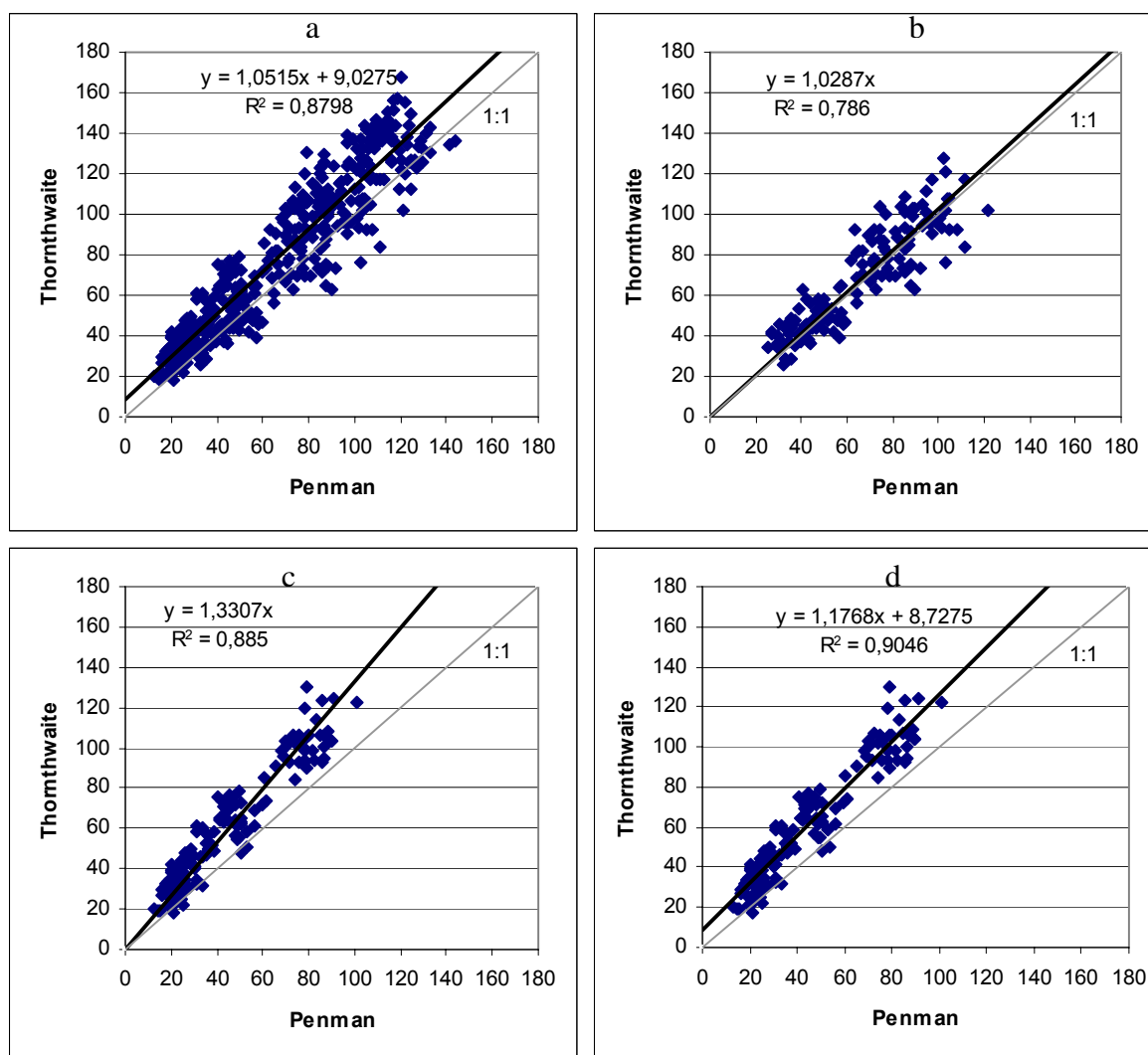


FIGURA 45. Valores mensais de evapotranspiração potencial estimada através dos métodos de Penman, com dados diários acumulados no mês, e de Thornthwaite, abrangendo todos os meses (a), o período de agosto a novembro (b) e o período de janeiro a junho (c e d). Santa Maria, RS, 1968 – 2004.

No entanto, os desvios observados no mês de fevereiro e para níveis de DHT maiores do que 40mm no mês de março em relação a essa tendência das diferenças nos meses de outono ( $p_{TH} - p_{Pen} > 0$ ), indicam que existem outras causas que afetam a determinação das probabilidades. Nesse caso possivelmente os desvios tenham como origem um ajuste não perfeito, embora significativo em nível de 5% pelo teste Kolmogorov-Smirnov, das funções de distribuição selecionadas e utilizadas no cálculo das probabilidades de ocorrência dos diferentes níveis de DHT.

Nas Figuras 42f a 42j são apresentadas as diferenças de probabilidade de ocorrência de deficiências hídricas totais (DHT) maiores do que 50, 40, 20, 10 e 5mm entre balanços hídricos para os quais a ETP foi calculada pelos métodos de

Thornthwaite e Penman, sendo o balanço hídrico com dados de ETP Penman calculado para períodos diários. Nelas aparecem os efeitos da utilização de métodos diferentes para o cálculo da ETP conjugados aos efeitos de realizar BH seqüencial diário ao invés de mensal e a totalização dessas deficiências no mês para então determinar as probabilidades de ocorrência de DHT no mês. As colunas vazias em agosto e principalmente em setembro decorrem da ausência de valores de deficiência hídrica mensal maior do que 5mm nos 36 anos quando o BH foi calculado com dados de ETP obtidos pelo método de Thornthwaite.

Verifica-se que para os meses de abril e maio a diferença positiva entre  $p_{TH}$  e  $p_{Pen}$  se acentuou e que para  $DHT > 50\text{mm}$ ,  $> 40\text{mm}$  e  $20\text{mm}$  nos meses de fevereiro e março também prevaleceu a diferença positiva. Porém, pode ser observado que na medida em que os níveis de deficiência considerados decrescem de  $DHT > 40\text{mm}$  para  $DHT > 5\text{mm}$ , nos meses mais quentes gradativamente se estabelece e se intensifica uma maior  $p_{Pen}$  em relação a  $p_{TH}$ . Esses resultados permitem inferir que valores de deficiência hídrica pequenos, principalmente menores do que  $20\text{mm}$ , os quais são os mais freqüentes, em muitos casos ocorrem em períodos curtos de tempo, bem menores do que um mês, e por isso não são detectados quando no mesmo mês a precipitação é suficiente para compensar essa deficiência no BH mensal.

Uma melhor visualização do efeito de utilizar BH diário ao invés de mensal é conseguida quando os dois balanços são realizados com dados de ETP calculados pelo mesmo método. Na Figura 46 são apresentadas as diferenças de probabilidade de ocorrência ( $p$ ) de deficiências hídricas totais mensais (DHT) maiores do que 50, 40, 20, 10 e 5mm, obtidas através de balanço hídrico seqüencial diário e mensal, para os quais a evapotranspiração (ETP) foi calculada pelo método de Penman. As sete colunas de cada mês representam, na ordem da esquerda para a direita, a diferença de  $p$  para solos da região central do Rio Grande do Sul, com capacidade de armazenamento de água de 45, 60, 95, 104, 125, 135 e 215mm, respectivamente.

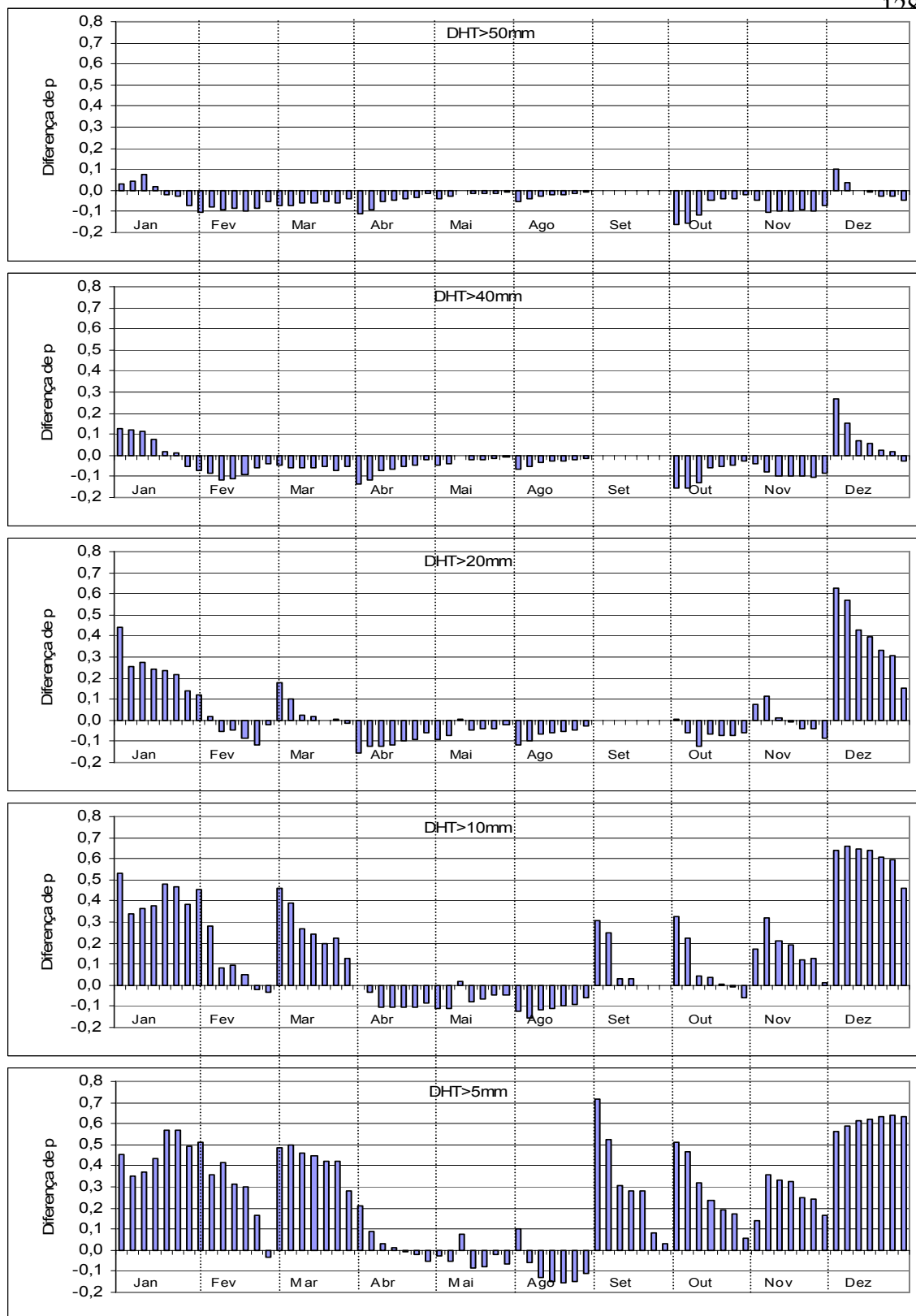


FIGURA 46 - Diferenças de probabilidade (p) de ocorrência de deficiências hídricas totais mensais (DHT) maiores do que 50, 40, 20, 10 e 5mm, obtidas através de balanço hídrico seqüencial diário e mensal, para os quais a evapotranspiração (ETP) foi calculada pelo método de Penman; obs.: cada uma das sete colunas de cada mês representa, na ordem (esquerda → direita), a diferença de p para solos da região central do Rio Grande do Sul, com capacidade de armazenamento de água de 45, 60, 95, 104, 125, 135 e 215mm, respectivamente.

Verifica-se que a probabilidade de ocorrência de  $DHT > 50\text{mm}$  foi menor quando o balanço hídrico foi calculado em nível diário do que em nível mensal, exceto para solos com CAD de 45, 60 95 e 104mm em janeiro e para solos com CAD de 45 e 60mm em dezembro. Essa mesma tendência segue ocorrendo para a probabilidade de ocorrência de  $DHT > 40\text{mm}$ , porém nos meses de dezembro e janeiro é com o balanço hídrico diário que se obteve maior probabilidade de ocorrer deficiência.

Ao comparar as diferenças de p dos cinco níveis de deficiência considerados em uma análise conjunta, verifica-se que na medida em que as deficiências consideradas são menores ( $DHT > 50\text{mm} \rightarrow DHT > 5\text{mm}$ ) gradativamente as probabilidades mensais obtidas a partir de BH diário passam a ser maiores do que aquelas obtidas com BH mensal, principalmente para os meses de primavera e verão. Nos meses de inverno, as probabilidades obtidas com BH mensal são maiores do que as obtidas com BH diário para  $DHT > 5\text{mm}$  no mês de agosto, para  $DHT > 10\text{mm}$  e  $DHT > 20\text{mm}$  nos meses de abril, maio e agosto e para  $DHT > 40\text{mm}$  e  $DHT > 50\text{mm}$  nos meses de fevereiro a novembro. Esses resultados não eram esperados, pois com o cálculo do BH diário teoricamente as probabilidades, pelo menos para os menores níveis de DHT, deveriam ser maiores e para os níveis maiores de DHT pelo menos iguais às probabilidades obtidas com o balanço hídrico mensal. Para isso não foi encontrada uma explicação que tenha fundamentação teórica. É possível que o problema esteja relacionado ao fato de se usar os mesmos parâmetros das equações de cálculo de negativo acumulado no BH diário e mensal e, como já comentado, no fato de que o ajuste das funções de distribuição não ser exato, isto é, os desvios entre os valores de probabilidade empírica e de probabilidade estatística dada pelas funções de distribuição, não são nulos.

#### **4.8 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS PROBABILIDADES DE OCORRÊNCIA DE DIFERENTES NÍVEIS DE DEFICIÊNCIA HÍDRICA TOTAL MENSAL EM FUNÇÃO DA CAPACIDADE DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DOS SOLOS**

##### **4.8.1 MAPA DIGITAL DE SOLOS DA REGIÃO CENTRAL DO RS**

Na Figura 47 é apresentado o mapa digital dos solos da região central do Rio Grande do Sul, editado pelo software SPRING, sendo que algumas unidades de



mapeamento, tais como Ciríaco e Charrua, bem como Vila e Santa Maria, foram agrupadas por apresentarem mesma CAD. Verifica-se a predominância de ocupação de área dos solos das Unidades de Mapeamento São Pedro (1970 km<sup>2</sup>), Santa Maria (1453 km<sup>2</sup>), Vacacai (2107 km<sup>2</sup>) e São Gabriel (624 km<sup>2</sup>). Os demais solos, abrangendo cerca de 485 km<sup>2</sup>, predominam na periferia da área, estando na parte norte os solos que apresentam os menores valores de CAD e na parte sul os de maior CAD.

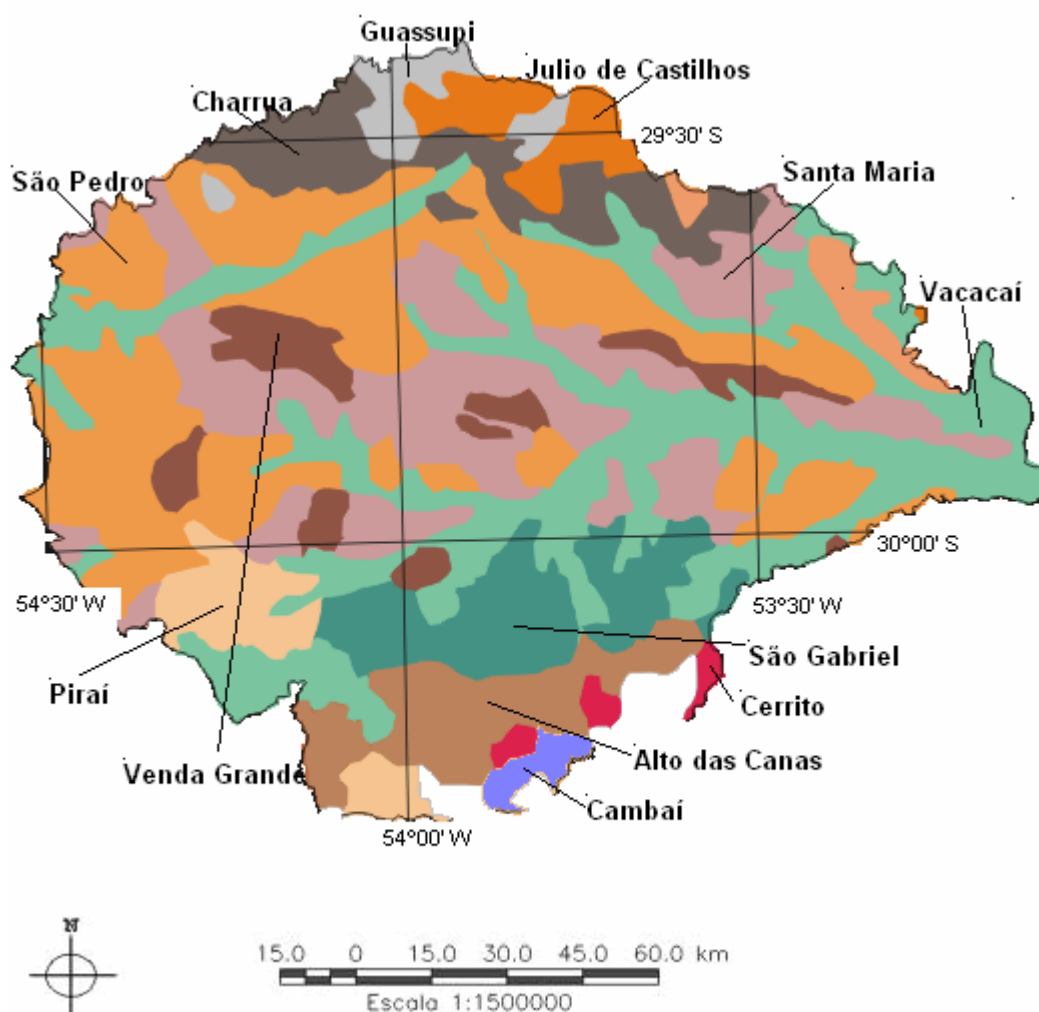


FIGURA 47 - Mapa da distribuição espacial das Unidades de Mapeamento dos Solos da Região central do Rio Grande do Sul, editado com o software SPRING.

## 4.8.2 SISTEMA DE ESPACIALIZAÇÃO E VISUALIZAÇÃO DE PROBABILIDADES DE DEFICIÊNCIA HÍDRICA

### 4.8.2.1 Seleção de Unidade de Solo.

Uma das atividades técnicas realizadas no presente trabalho, necessária para alcançar o objetivo da espacialização das probabilidades de deficiência hídrica em diferentes níveis, foi o desenvolvimento de um software que permite realizar essa espacialização digital, o que foi concretizado. Uma das funções nesse software, ilustrada na Figura 48, é a recuperação da tabela de probabilidades para os níveis de 5mm, 10mm, 20mm e 40mm para os meses de janeiro a dezembro, a partir de um “clique” sobre uma posição qualquer do mapa. No caso simulado, clicou-se no mapa sobre uma área qualquer da Unidade de Mapeamento São Pedro, resultando no monitor a informação das probabilidades que está transcrita na Figura 48.

Mes	5 mm	10 mm	20 mm	40 mm
Janeiro	0.81846	0.58683	0.2998	0.09172
Fevereiro	0	0.25058	0	0
Março	0.52195	0.22562	0	0
Abril	0.30122	0.13003	0.05171	0
Maio	0.05297	0	0.04167	0
Junho	0	0	0	0
Julho	0	0	0	0
Agosto	0.00739	0	0	0
Setembro	0.09592	0.00969	0.00325	0
Outubro	0.31558	0.10921	0.02377	0
Novembro	0.57	0.32	0.1478	0.02185
Dezembro	0.86213	0.59814	0.27662	0.07574

FIGURA 48. Reapresentação da tabela das probabilidades de deficiência hídrica maiores do que 5, 10, 20 e 40mm nos 12 meses do ano para o solo da Unidade de Mapeamento São Pedro, a qual projetada na tela do monitor a partir de um “clique” em qualquer ponto do mapa onde está zoneado este solo.

#### 4.8.2.2 MAPAS DE PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE DEFICIÊNCIA HÍDRICA

Nas Figuras 49 a 52, são apresentados como exemplo os mapas da espacialização das probabilidades de ocorrência de deficiências hídricas maiores do que 5mm no mês de abril, 10mm e 20mm no mês de outubro e 40mm no mês de dezembro, respectivamente. Visualiza-se que as maiores probabilidades se concentram na parte norte da área, onde os solos, por serem mais rasos e, ou pedregosos, apresentam menor CAD. Na parte sul, onde predominam os solos com maior CAD, é também onde as probabilidades de ocorrer deficiência hídrica são

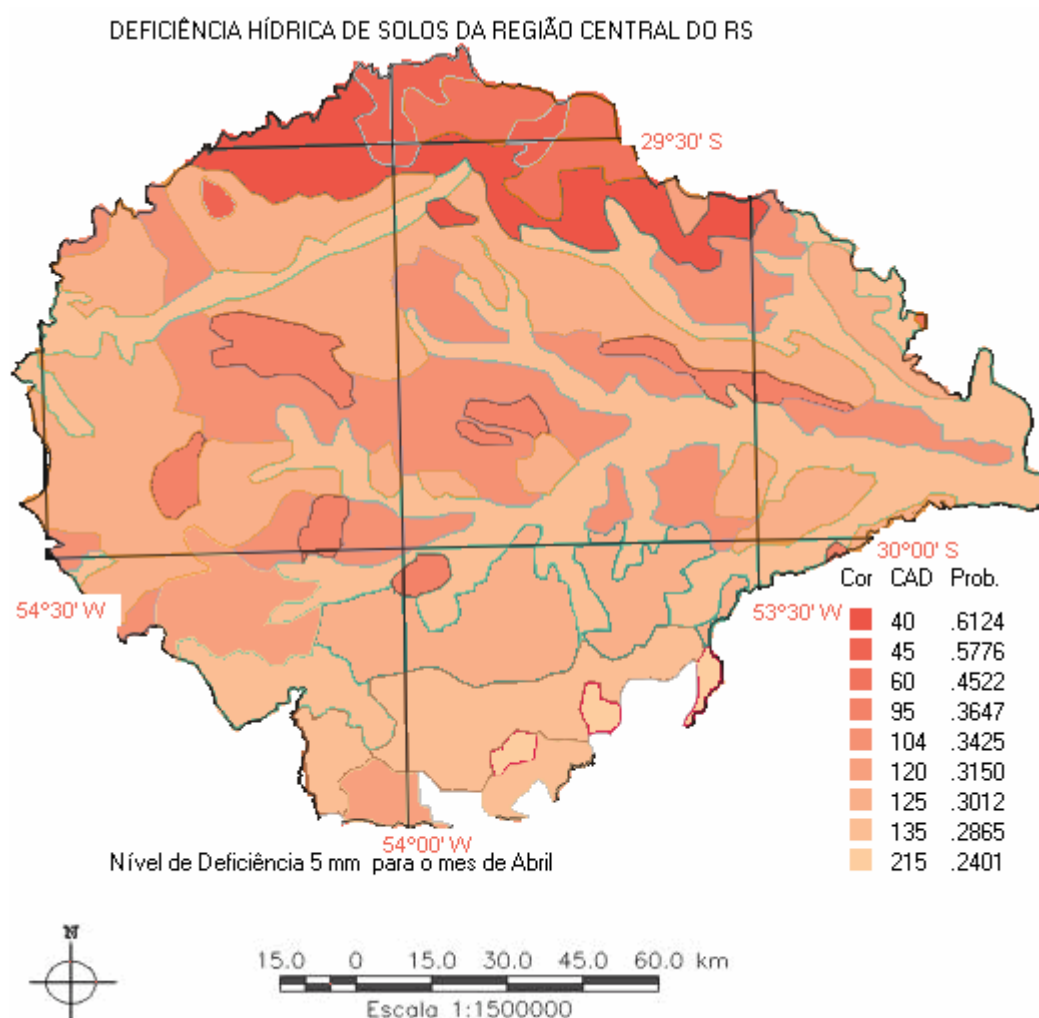


FIGURA 49 – Probabilidades (Prob) de ocorrer deficiência hídrica maior do que 5mm no mês de abril para as diferentes capacidades de armazenamento de água (CAD) nos solos da região central do Rio Grande do Sul.

menores. Na Figura 49 verifica-se, por exemplo, que em abril numa faixa ao longo das encostas da serra, onde predominam os solos Ciríaco e Charrua, a probabilidade de ocorrer deficiência hídrica maior do que apenas 5mm é de 57 a

61% dos anos. Nas coxilhas entre as cidades de São Gabriel e São Sepé, onde predominam os solos Cerrito, Alto das Canas e Cambaí, por apresentarem maior CAD (215mm e 135mm, respectivamente), a probabilidade de ocorrer deficiência hídrica maior do que 5mm é de 26 a 28,6% dos anos. Entre esses dois extremos, na maior parte da área, onde predominam as coxilhas com terreno suavemente ondulado (solos São Pedro e Santa Maria) e dos Planossolos das várzeas dos rios ou na transição para as partes mais planas das coxilhas (Vacacaí e Venda Grande), ocorrem deficiências de 5mm com probabilidade de 30 a 34,2%.

Nas Figuras 50 e 51, é apresentada a distribuição espacial das probabilidades de ocorrer deficiência hídrica maior do que 10 e 20mm no mês de outubro. Verifica-se que em aproximadamente 10% da área estudada, de ocorrência dos solos Guassupi, Ciríaco, Charrua e Júlio de Castilhos, todos situados ao norte do paralelo 29°40'S, nas áreas de encostas da serra e nas coxilhas do planalto (municípios de Júlio de Castilhos, Silveira Martins, São Martinho da Serra, Itaara, São João do Polêsine, Ivorá e de São Pedro do Sul), ocorrem as maiores probabilidades de deficiência hídrica maior do que 10mm (Figura 50) e 20mm (Figura 51). Para a ocorrência de deficiência hídrica maior do que 10mm as probabilidades variam de 18,7 a 40,6% e para a ocorrência de deficiência hídrica maior do que 20mm as probabilidades diminuem para 5 a 14,5% nessa área. Essas seriam, portanto, as áreas que apresentariam o maior risco para culturas de primavera com ciclo curto, como a do feijão e a da batata, mesmo em plantios do cedo, realizados em agosto. Por outro lado, nos Planossolos, cuja CAD varia de 125 a 135mm, essa probabilidade é baixa, variando de 9,6 a 11% para deficiências maiores do que 10mm e de 2 a 2,4% dos anos para deficiências maiores do que 20mm. Considerando essas probabilidades e tendo em vista que desde os meses de inverno até setembro as deficiências hídricas são desprezíveis na região, pode-se inferir que a preparação desses solos para o cultivo do arroz irrigado, sua principal utilização agrícola, na maioria dos anos não seria possível até final de outubro devido a provável predominância de excesso hídrico, pois são solos de difícil drenagem. Os Latossolos (Cerrito) e Argissolos das coxilhas da parte sul (Alto das Canas) e de grande parte do centro da área (São Pedro) e de uma pequena área da parte norte (Oásis), ocupam 43,26% de toda a área estudada e apresentam aptidão agrícola para cultivos anuais de verão. Pelo fato de apresentarem melhor drenagem, devem, em pelo menos parte desse mês, apresentar predominância de condições de

umidade do solo favoráveis à sementeira e a emergência de espécies cultivadas de verão. Esse conhecimento é de grande importância logística, tendo em vista o volume de insumos e número de máquinas e pessoas que devem estar disponíveis para atender às demandas relacionadas ao plantio de uma área significativa como essa.

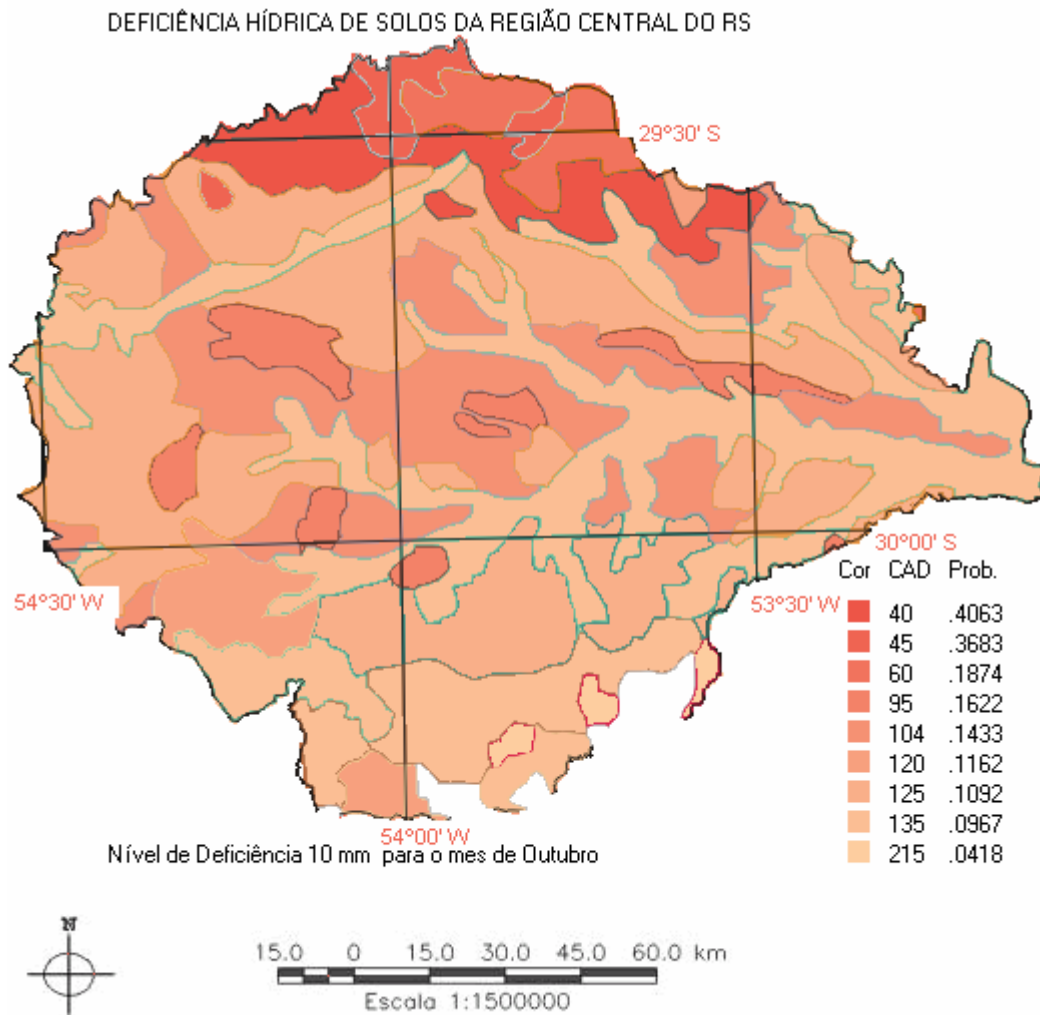


FIGURA 50 – Probabilidades (Prob) de ocorrer deficiência hídrica maior do que 10mm no mês de outubro para as diferentes capacidades de armazenamento de água (CAD) nos solos da região central do Rio Grande do Sul.

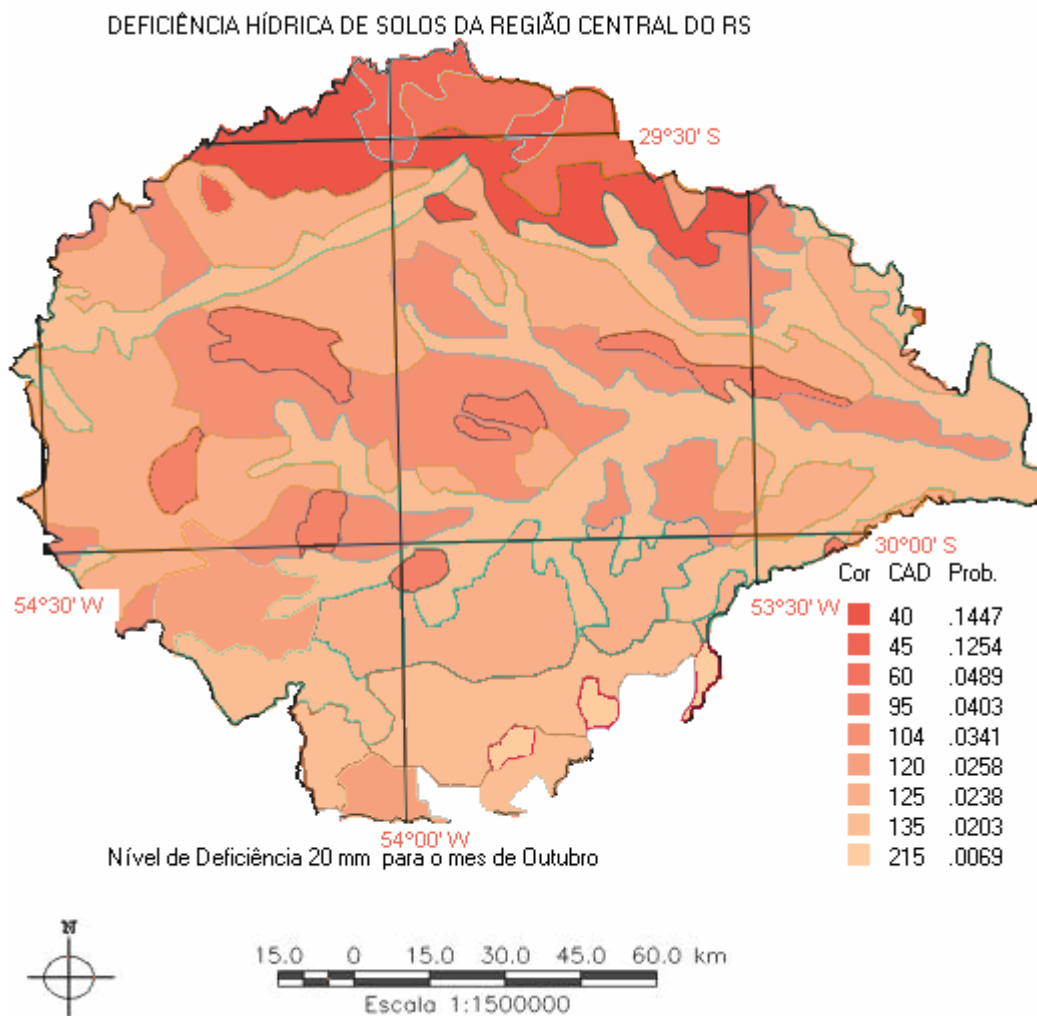


FIGURA 51 – Probabilidades (Prob) de ocorrer deficiência hídrica maior do que 20mm no mês de outubro para as diferentes capacidades de armazenamento de água (CAD) nos solos da região central do Rio Grande do Sul.

Na Figura 52, colocada como um exemplo para um mês com alta probabilidade de ocorrência de deficiências hídricas, é apresentada a espacialização da probabilidade de ocorrência de deficiências hídricas drásticas, maiores do que 40mm no mês de dezembro. O mês de dezembro, em termos de disponibilidade hídrica, é crucial, por exemplo, para a produtividade do milho. Deficiências maiores do que 40mm nesse mês são consideradas de alto impacto negativo para a cultura na região, pois nessa época as plantas se apresentam com o máximo índice de área foliar e, em geral, no período mais crítico à deficiência hídrica. Nesse estágio de desenvolvimento a evapotranspiração da cultura é superior ao da ETP utilizada no

atual trabalho e assim, em meio ao cultivo, a deficiência hídrica nessa situação seria drástica, bem maior do que na condição padrão definida para a ETP.

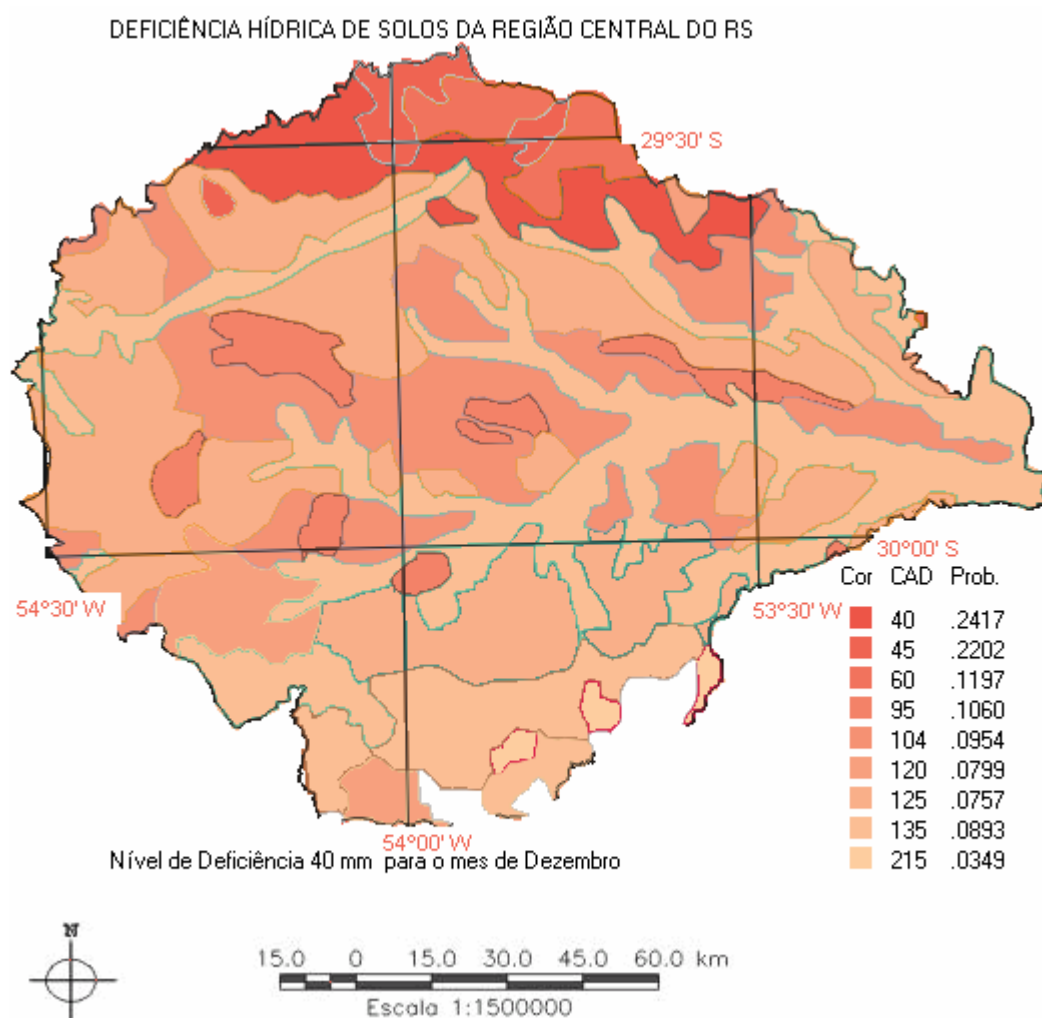


FIGURA 52 – Probabilidades (Prob) de ocorrer deficiência hídrica maior do que 40mm no mês de dezembro para as diferentes capacidades de armazenamento de água (CAD) nos solos da região central do Rio Grande do Sul.

Verifica-se que na extremidade sul da área, no solo Cerrito, de maior CAD mas que ocupa apenas 37,64 km<sup>2</sup>, a probabilidade de ocorrer deficiência maior do que 40mm em dezembro é de apenas 3,5% dos anos. Na maior parte da área estudada (6640,52 Km<sup>2</sup>), que abrange os solos Cambaí, Alto das Canas, Piraí, São Pedro, Santa Maria, São Gabriel e Vacacaí em áreas de coxilha e várzea dos municípios de Santa Maria, Formigueiro, Restinga Seca, São João do Polêsine, São

Pedro do Sul, Dilermando de Aguiar e parte dos municípios de Cacequi, São Gabriel, Santa Margarida do Sul, Vila Nova do Sul, São Sepé e Faxinal do Soturno, a probabilidade de ocorrer deficiências hídricas maiores do que 40mm em dezembro situa-se entre 7,5 e 9,5%. Nessa grande área, apenas as manchas de solo Venda Grande, se sobressaem com probabilidade de 10,6%. Na parte norte da área, abrangendo uma superfície de 2673,84 km<sup>2</sup>, na qual se incluem os municípios de Silveira Martins, São Martinho da Serra e parte dos municípios de Ivorá, Júlio de Castilhos, Santa Maria, São Pedro do Sul e Faxinal do Soturno, a probabilidade de ocorrer deficiência hídrica maior do 40mm em dezembro é bem maior do que nas demais, variando de 9,5% no solo Oásis a 24,2% no solo Charrua.

Os resultados apresentados nesses quatro mapas mostram que num sistema digitalizado podem ser geradas informações que permitem uma rápida visualização da distribuição das probabilidades de ocorrência de certos níveis de deficiência hídrica e por estarem de forma digital permitem sua aplicação imediata em sistemas de informação composta e complexa. A geração dos demais mapas e sua publicação em meio digital, farão parte de uma segunda etapa, subsequente ao trabalho atual.



## 5 CONCLUSÕES

As funções log-normal e exponencial, se ajustam aos valores decendiais de deficiência hídrica do solo, sendo o ajuste da função log-normal melhor aos dados dos meses de maiores deficiências (verão). Para períodos mensais a função que melhor se ajusta é a exponencial, ocorrendo também ajustes freqüentes com a função log-normal, nos meses de outubro a março.

Os solos possuem distintas capacidades de armazenamento de água disponível às plantas (CAD); os menos profundos, tais como aqueles das unidades de mapeamento Charrua, Ciríaco, Guassupi possuem a CAD de 40mm e os mais profundos, como os da unidade de mapeamento Cerrito, 215mm.

Nos meses de outono-inverno, abril a agosto, não há risco de deficiência hídrica significativa, principalmente nos solos com a maior capacidade de armazenamento de água disponível (CAD). Neste período, nos meses mais frios, junho e julho, o risco é praticamente nulo.

A probabilidade de ocorrência de deficiências máximas acumuladas durante períodos contínuos sem chuvas (DHM) é função principalmente da época do ano e da CAD do solo; nos solos das unidades de mapeamento Charrua, Ciríaco, Guassupi, de menor CAD da região, a ocorrência de DHM >50mm é a mais elevada, da ordem de 18% nos meses de dezembro e janeiro, 10% em novembro e menor que 5% nos demais meses, sendo praticamente nula de abril a setembro; nos solos de maior CAD, como o solo Cerrito, a probabilidade de ocorrência de DHM >50mm não ultrapassa 1,7% dos anos nos meses de maior demanda atmosférica; a probabilidade de ocorrência aumenta com a diminuição dos valores de DHM.

Não existe relação definida quanto a variação das diferenças de probabilidade de ocorrência entre DHT e DHM com a CADs dos solos; as diferenças tendem a estar mais relacionadas à magnitude das probabilidades, principalmente para deficiências maiores que 50, 40 e 20mm; a diferença de probabilidade entre DHT e DHM é maior, quanto maiores são as probabilidades de ocorrência.

As probabilidades de ocorrência de deficiências hídricas totais decendiais para as diferentes unidades de mapeamento de solos são semelhantes àqueles obtidos com a ocorrência de DHM; a principal diferença é que fica melhor definido,

dentro dos meses, o período de início e/ou final da ocorrência dos diferentes níveis de deficiência hídrica, 50, 40, 20, 10, 5 e 1mm.

A probabilidade de ocorrência de deficiências hídricas em períodos quinqüidiais não alcança valores elevados como em períodos mensais e decendiais, o que é uma função do menor número de dias considerados; a distribuição das deficiências ao longo do ano é semelhante aos períodos utilizados em DHM e DHT mensais e decendiais, mas com melhor definição de início e final do período para os diferentes níveis de deficiência hídrica.

A evapotranspiração potencial (ETP) mensal estimada pelo método de Thornthwaite considerando todo o período anual, é significativamente maior do que a totalização mensal dos valores diários de ETP estimados pelo método de Penman. Entretanto, considerando os meses individualmente, são significativamente maiores nos meses de janeiro a julho, tendem de ser maiores nos meses de dezembro e agosto e não apresentam diferença expressiva nos meses de setembro a novembro.

Na medida em que a magnitude das deficiências hídricas consideradas decresce de 50 para 5mm, gradativamente as probabilidades mensais obtidas a partir de BH diário são maiores do que aquelas obtidas com BH mensal, principalmente para os meses de primavera e verão; nos meses de inverno, as probabilidades obtidas com BH mensal são maiores do que as obtidas com BH diário, principalmente para deficiências hídricas totais menores do que 10mm; Nos meses de junho, julho e setembro, a probabilidade de ocorrência de deficiências hídricas totais mensais maiores do que 5mm, quando calculadas por balanço hídrico diário, é desprezível.

Existe variabilidade espacial de probabilidade de ocorrência de diferentes níveis de deficiência hídrica na Região central do Rio Grande do Sul devido à variação da capacidade de armazenamento de água disponível dos diferentes solos.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFFHOLDER, F. RODRIGUES, G.C., ASSAD, E.D. Modelo agroclimático para a avaliação do comportamento do milho para a região dos cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.10, p.993-1002, 1997.

ALONSO, M. T. A. Brasil Região Sul - Vegetação. In: **Brasil. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977. 534p.

ALLEN, R. G. et al. **Crop Evapotranspiration Guidelines for computing crop water requirements**. FAO – Roma, Irrigation and drainage, paper 56, 1998. 300p.

ARONOFF, S. **Geographic information system: a management perspective**. Canadá: WDL Publication, 1995. 290p.

ASSAD, E. D., SANO, E. E. **Sistema geográfico de informações: aplicações na agricultura**. Embrapa SPI. Brasília, 1998. 480p.

ASSIS, F. N.; ARRUDA, H. V.; PEREIRA, A. R. **Aplicações de estatísticas à climatologia: Teoria e Prática**. Pelotas. Ed. Universitária, Universidade Federal de Pelotas, 1996, 161p.

ÁVILA, A. M. H. de et al. Probabilidade de ocorrência de precipitação pluvial mensal igual ou maior que a evapotranspiração potencial para a estação de crescimento das culturas de primavera-verão no estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.2, n.2., p.149-154. 1996.

AZEVEDO, A.C. de; DALMOLIN, R. S. D. **Solos e Ambiente: uma introdução**. Santa Maria: Ed. Gráfica Editora Pallotti, 2004. 100p

BALDO, M.C. et al. Análise da precipitação pluvial do Estado de Santa Catarina associada com a anomalia da temperatura da superfície do oceano Pacífico. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.8, n.2, p.283-293, 2000.

BARNI, N. A. **Hidrologia**. Porto Alegre: Ed. Bouchet, 1997. 320p.

BARNI, N. A. Práticas agrícolas para minorar o impacto das secas e racionalizar a irrigação. In: BERGAMASCHI, H. (Coord.). **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. 2ed. Porto Alegre: UFRGS. p.116 – 125. 1999.

BARNI, N. A.; MATZENAUER, R. Ampliação do calendário de semeadura da soja no Rio Grande do Sul pelo uso de cultivares adaptadas aos distintos ambientes. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.6, 2000.

BERLATO, M. A.; MOLION, L. C. B. Evaporação e evapotranspiração. Porto Alegre, 96p. 1979. **Boletim Técnico** ( IPAGRO, nº7) 1981.

BERLATO, M. A. **Modelo de relação entre o rendimento de grãos da soja e o déficit hídrico para o estado do Rio Grande do Sul**. 1987. 93f. Tese (Doutorado) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE. São José dos Campos, 1987.

BERLATO, M. A; FONTANA, D. C., GONÇALVES, H. M. Relação entre o rendimento de grãos da soja e variáveis meteorológicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, n.5, p.695-702, 1992.

BERLATO, M. A. As condições de precipitação pluvial no estado do Rio grande do Sul e os impactos das estiagens na produção agrícola. In: BERGAMASCHI, H. et al. **Agrometeorologia aplicada á irrigação**. Porto Alegre: UFRGS, Cap 1, p.11-24.1992.

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. Variabilidade interanual da precipitação pluvial e rendimento da soja no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, RS, v.7, n.1, p. 119-125, 1999.

BERGAMASCHI, H. Irrigação em soja: um tema que merece atenção. **Trigo & Soja**, Porto Alegre, n.88. p.4-10, 1986.

BRAGA, C. C. et al. **Tempo de resposta da vegetação às variabilidades da precipitação no Nordeste do Brasil**. Deptº de Ciências Atmosféricas/ Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, 2002.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Rio Grande do Sul. Recife, 1973. 431 p. DNPEA. **Boletim Técnico**, n° 30.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedade dos solos**. 6 Ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1983, 647p.

BROWER, C. M. **Watershed approach framework**. Washington: U.S. Environmental Protection Agency. 1996.

BRUNINI, O. Elementos Meteorológicos e comportamento vegetal. Campinas: Instituto Agrônomo, 1998. 46p. **Boletim Técnico**.

BURIOL, G. A. et al. **Balço hídrico seriado do Rio Grande do Sul**. Santa Maria, Departamento de Fitotecnia/ CCR/UFSM, 1977, 216p.

BURIOL, G. A et al. Disponibilidades hídricas do solo possíveis de ocorrerem no estado do Rio Grande do Sul. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 10 (suplemento). 1980.

BURROUGH, P.A. Geographic Information Systems. Chap.1 in **Principle of Geographic Information Systems for Land Resources Assessment**. Oxford: Oxford University Press. 1986

CALIJURI, M. L.; RÖHM, S. A. **Sistemas de informações geográficas**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1998. 34p.

CAMARGO, A. P. et al. Zoneamento de aptidão climática para culturas comerciais em áreas de cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO: BASE PARA A UTILIZAÇÃO AGROPECUÁRIA. **Anais**. São Paulo: EDUSP. 1977. p. 89 – 120.

CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. **Bragantia**, Campinas, v.59, n.2, p.125-137, 2000.

CAMARGO, A. P. Balanço hídrico, florescimento e necessidade de água para o cafeeiro. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DA ÁGUA NA AGRICULTURA, 1987. **Anais**, Campinas: Fundação Cargill, 1987. 226p.

CÂMARA, G. et al. **Anatomia dos Sistemas de Informações Geográficas**. Campinas: UNICAMP, 1997. 197p.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. Princípios básicos em geoprocessamento. In: ASSAD, E.D.; SANO, E.E. **Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura**. Brasília: Embrapa SPI. 2.ed., 1998. 434p.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. Tendências e evolução do geoprocessamento. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura**. 2. ed. rev. ampl. Brasília: Embrapa–SPI: Embrapa–CPAC, 1998. 434p.

CAMPOS, H. **Estatística experimental não paramétrica**. Piracicaba. ESALQ, 1979, 343p.

CARLESSO, R.; ZIMMERMANN. F. L. **Água no solo: Parâmetros para dimensionamento de sistemas de irrigação**. CCR/DER/UFSM. Santa Maria, 2000.

CASANOVA, M. A. et al. **Anatomia de Sistemas de Informações Geográficas**. 10<sup>a</sup> Escola de Computação, Campinas - SP. 1996.

CASTRO, J. F. M.; MAGALHÃES, M. G. M. - Apresentação de uma Carta Topográfica utilizando recursos de Multimídia. In: Anais do II Colóquio de Cartografia para Crianças, Belo Horizonte, 1996. **Revista Geografia e Ensino**, UFMG/IGC/Departamento de Geografia, v. 6, n. 1, p. 73-76, 1997.

CATALUNHA, M. J. et al. Aplicação de cinco funções densidade de probabilidade a séries de precipitação pluvial no Estado de Minas Gerais, **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 153-162, 2002.

CHRISMAN. N. **Exploring the Geographic Information Systems**. New York: John Wiley & Sons, 1997. 288p.

COREDES. **PRÓ-RS: Estratégias Regionais Pró-Desenvolvimento do Rio Grande do Sul.** Fates Ed. 1999. Lageado, RS. 1999.92p.

CUNHA, G.R. et al. Perda de rendimento potencia em soja no Rio grande do Sul por deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, n.1, p.111–119, 1998.

CUNHA, G. R. et al. **Zoneamento agrícola e calendário de semeadura para a soja no Rio Grande do Sul, safra 2001/2002.** Passo Fundo: SB Agro/Embrapa Trigo, 2001. 6p.(Comunicado Técnico On-line, 80). 2001.

D'AGOSTINO, R.B. STEPHENS, M.A. **Goodness – of – Fit Techniques.** New York: Marcel Dekker, Inc., 1986.

DALE, P.E.; MCLAUGHLIN, J.D. **Land Information Management - An introduction with Special Reference to Cadastral Problems in Third World countries.** Oxford Press: Clarendon Press, 1990, 265p.

DALMAGO, G. A. **Evapotranspiração máxima e sua modelagem para a cultura do pimentão em estufa plástica.** Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2001. 166p.

DANCETTE, C. Estimation des besoins en eau des principales cultures pluviales en zone Soudanno-Sahélienne. **L'Agronomie Tropicale**, Paris, v.38, n.4, p.267-280, 1984.

EINSTEIN, Albert. **Como vejo o mundo.** Trad. de H.P. de Andrade. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1981. 213p.

EPAGRI. **Recomendações de cultivares para o estado de Santa Catarina 1996-1997.** Florianópolis, 1996. 152p. (Boletim Técnico, 74).

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Embrapa Produção de Informações; Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 1999.

EMPASC. **Zoneamento agroclimático do estado de Santa Catarina**. Florianópolis, EPAGRI, 1978. 150p.

ESTEFANEL, V. et al. Insolação e radiação solar em Santa Maria, RS: Estimativa da radiação solar global incidente a partir dos dados de insolação. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 20, n. 3-4, p.203-218, 1990.

FARIAS, J. R. B.; ALMEIDA, I. R.; GARCIA, A. **Zoneamento agroclimático da cultura da soja para o estado do Paraná**. Londrina: Embrapa –Soja, 1997, 84p.(Documentos, 102).

FARIAS, J. R. B. et al. Caracterização de risco climático nas regiões produtoras de soja no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n.3. p. 415-421, 2001.

FERREIRA, M. C.; ALVES, Mapeamento de unidades de paisagem em sistemas de informação geográfica: alguns pressupostos. **Geografia**, 22(1): 23-35. São Paulo, 1997.

FOREST, F. **Simulation du bilan hydrique des cultures pluviales. Présentation et utilization du logiciel BIP**. Montpellier: IRAT-CIRAD, 1984. 63p.

GIOTTO, E. **Gestão Administrativa – Projeto CR CAMPEIRO 4**. Santa Maria: UFSM, Departamento de Engenharia Rural, CCR, 2002. v.1.,222p.

GÖEPFERT, H.; ROSSETI, L. A., SOUZA, J. **Eventos generalizados e segurança agrícola**. Brasília: IPEA, 1993. 65p.

HILLEL, D. **Solo e água: Fenômenos e princípios físicos**. Porto Alegre: UFRGS, Departamento de Solos, 1970. 231p.

HILLEL, D. **Fundamentals of soil physics**. Massachusetts: Academic Press, 1980. 413p.



INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS. Seção de Ecologia Agrícola. **Atlas Agroclimático do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 1989. 3v. il.: 296 mapas, 28 tab.

JOLY, F. **A Cartografia**. Campinas: Papirus Editora. 1990.

KALCKMANN, R. E. et al. **Regiões de trigo no Brasil**. [S.l.]: 1965, 104p. (Estudos Técnicos).

LAMPARELLI, R.A.C.; ROCHA, J.V.; BORGHI, E. **Geoprocessamento e agricultura de precisão: fundamentos e aplicações**. Guaíba: Editora Agropecuária, 2001. 118p.

LIBARDI, P.L. **Dinâmica da água no solo**. Piracicaba, SP, . 1995. 479p.

MACROZONEAMENTO AGROECOLÓGICO E ECONÔMICO DO RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Agricultura e Abastecimento, 1994.

MALUF, J. R. T. et al. **Atlas Agroclimático do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura e Abastecimento/IPAGRO, 1989. V. I, II e III.

MALUF, J. R. T., MATZENAUER, R. **Zoneamento agroclimático da cultura do milho por épocas de semeadura no estado do Rio grande do Sul**. Porto Alegre: FEPAGRO, 1995. 75p. (Boletim, 1).

MALUF, J. R. T. et al. Zoneamento agroclimáticos da cultura de milho por épocas de semeadura, no Rio grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.6, n.1, p.39-52, 2000.

MALUF, J. R. T. et al. **Zoneamento agroclimático e de riscos climáticos para cultura de feijão (*Phaseolus vulgaris*) no Rio grande do Sul: períodos favoráveis de semeadura por município, safra 2001/2002**. Passo Fundo: EMBRAPA Trigo, 2001.

MALUF, J. R. T. et al. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura de milho no Rio grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n.3 (especial), p.460-467, 2003a.

MALUF, J. R. T. et al. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura de feijão no Rio grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Passo Fundo, v.9, n.3 (especial), p.468-476, 2003b.

MARBLE, D. F.; PEUQUET, D. J. **Geographics information system and remote sensing: manual of remote sensing**. 2. ed. Falls Church: American Society of Photogrametry, 1983. p.923-958.

MATZENAUER, R. et al. Modelos agrometeorológicos para a estimativa do rendimento do milho, em função da disponibilidade hídrica no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.1, n.2, p.225-241, 1995.

MATZENAUER, R. et al. Análise agroclimática das disponibilidades hídricas para a cultura da soja na região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, n.2, p.263-275,1998.

MATZENAUER, R. et al. Análise agroclimática das disponibilidades hídricas para a cultura do milho na região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.8, n.2, p.263-273, 2000.

MATZENAUER, R.; PORTO, M.P. Necessidades hídricas, coeficientes de cultura e irrigação. In: **Indicações técnicas para a cultura do milho no estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: FEPAGRO, EMBRAPA TRIGO, EMATER/ RS, FECOAGRO/RS. N.7. 2001. 135p.

MATZENAUER R. et al. Consumo de água e disponibilidade hídrica para o milho e soja no Rio Grande do Sul. Porto Alegre: (**Boletim Técnico**, 10/2002). FEPAGRO, 2002. 85p.

MEIRELES, E. J. L. et al. **Zoneamento agroclimático para o arroz de terras altas no estado de Tocantins**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1995. 72p. (Documentos, 58).

MELLO FILHO, J. A. **Estudo de microbacias hidrográficas delimitadas por compartimentos geomorfológicos para o diagnóstico físico-conservacionista**. 1994. 111f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Santa Maria, UFSM. 1994.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO – MA. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Normais Climatológicas**. Brasília, 1992

MOREIRA, Igor. **O Espaço Rio-grandense**. São Paulo: Ed. Ática. 1997.

MOREIRA, M. A. et al. **Identificação e avaliação da área ocupada com arroz irrigado através da interpretação visual de dados MSS do Landsat**. São José dos Campos: INPE, 1997.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961; 46p.

MONTEIRO, A. M. V. et al. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001.

MORIN, Edgar. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. São Paulo: Cortez; Brasília: UNESCO, 2000.

MOTA, F. S. et al. **Zoneamento da região do planalto gaúcho para a cultura do trigo. Pelotas**. IPEAS, 39p. 1968.

MOTA, F. S. Regiões climáticas para o trigo no Brasil. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.21, n.4, p.772-776, 1969.

MOTA, F. S. et al. **Zoneamento agroclimático do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Pelotas: IPEAS, 1974. 122p. (IPEAS. Circular, 50).

MOTA, F.S. et al. **Estação Agroclimática Principal de Pelotas: Realizações e Programa de Trabalho.** Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 1975.

MOTA, F. S. Clima e zoneamento para a triticultura no Brasil. In: MOTA, F. S. (Ed.) **Agrometeorologia do trigo no Brasil.** Campinas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, p.5-35. 1989.

MOTA, F. S.; AGENDES, M. O.de O.; SILVA, J. B. da. Riscos de seca para a cultura da soja em diferentes regiões climáticas e tipos de solo do Rio Grande do Sul. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.44, n.394, p.11 – 30, 1991.

MOTA, F. S.; AGENDES, M. O. de O.; SIGNORINI, E. Informação agroclimatológica para planejamento da irrigação do feijoeiro no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.1, n.1, p.141–148. 1993.

MOTA, F. S. et al. Análise Agroclimatologica da necessidade de irrigação da soja no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.4, n.1, p.133–138. 1996.

MOURA, A. C. M. **Sistema informativo aplicado à análise de áreas urbanas marginais.** Cadernos de arquitetura e urbanismo, Belo Horizonte, PUC-MG, n.1, 1993, 183p.

MOURA, A. C. M. **Geoprocessamento na Gestão e Planejamento Urbano.** Belo Horizonte: Ed. da Aurora, 2003.

MUZZARELLI, A.; SECONDINI, P.; DURAZZI, A. O estado atual e as potencialidades dos Sistemas informativos geográficos; a difusão e as aplicações na Europa em relação ao planejamento urbano e regional. **Cadernos de arquitetura e urbanismo**, Belo Horizonte, PUC-MG, n.1, p.27-38, 1994.

NIED, A.H. **Balanço hídrico diário do solo simulado para diferentes épocas de semeadura do milho em Santa Maria, RS.** 2003. 73f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

NIED, A. H.; HELDWEIN, A. B.; CARDOSO, C. D. V. Diferenças na estimativa da evapotranspiração de referência com dados diários médios e decendiais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, XIIIº, Santa Maria, 2003. **Anais. SBA/UFSM/UNIFRA**, Santa Maria. 2003, 714p.

NIED, A.H. et al. Épocas de semeadura do milho com menor risco de ocorrência de deficiência hídrica em Santa Maria, RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n.5, p. 995-1002, 2005.

NIMER, E. Brasil Região Sul - Vegetação. In: **Brasil: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. IBGE. Rio de Janeiro, 1977. 534p.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**, 1977. IBGE. Rio de Janeiro, 1977.

PERAZA, E. S. **Retenção de água e pedofunções para solos do Rio Grande do Sul**. 2003. 73f. Dissertação (Mestrado Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Santa Maria, UFSM. 2003.

PENMAN, H.L., Natural evaporation from open water, bare soil and grass. **Proc. Royal Society of Agriculture**, London, v. A193, p.120-146, 1948.

PEREIRA, R.S.; MADRUGA, P.R.A.; HASENACK, H. Curso: **Geoprocessamento aplicado ao planejamento de uso de recursos naturais**. Santa Maria:UFSM,1995.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. FEALQ. Piracicaba. 1997. 183p.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Ed. Agropecuária, 2001. 480p.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras**. 3.ed. Rio de Janeiro, EMBRAPA-CNPS, 1995. 65p.

REICHARDT, K. **A Água na Produção Agrícola**. São Paulo: Ed. McGraw-Hill. 1978, 119p.

RIO GRANDE DO SUL. **Macrozoneamento Agroecológico e Econômico do Estado do Rio Grande do Sul**. Secretaria da agricultura e Abastecimento; Centro Nacional de Pesquisa do Trigo. Porto Alegre, 1994. 2v.

ROSA, R.; BRITO, J. **Introdução ao geoprocessamento**: sistema de informação geográfica. Universidade Federal de Uberlândia, MG. 1996. 104p.

ROSSETTI, L.A. Seguridade e zoneamento agrícola no Brasil. Novos rumos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA II, REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 2., 1999, Florianópolis. **Programa e Resumo dos Anais**. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia. 1999. p.57-78.

ROSSETTI, L.A. Zoneamento agrícola em aplicações de crédito e securidade rural no Brasil: aspectos atuariais e de política agrícola. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v. 9, n.3 (especial), p. 386-399, 2001.

RUHOFF, A. L. **Gerenciamento de Recursos Hídricos em Bacias Hidrográficas: Modelagem Ambiental com a Simulação de Cenários Preservacionistas**. 2004. Dissertação (Mestrado em Geomática) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 2004.

SACHS, I. **Caminho para o desenvolvimento sustentável**. Org.: Paula Yone Stroh. Rio de Janeiro: Garamond, 2000.

SANS, L.M.A. et al. Riscos climáticos para a cultura do milho nos estados de Minas Gerais, Tocantins, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10.,1997, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: ESALQ, 1997. p.357-359.

SANTOS, R.S.B. Brasil Região Sul - Hidrografia. In: **Brasil. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE**. Rio de Janeiro, 1977. 534p.

SECONDINI, P. (org). **La conoscenza del territorio e dell'ambiente: il ruolo delle tecnologie dell'informazione**. Milano: Enitada, 1988. 199p.

SCHUMACHER, M. V.; HOPPE, J. M. **A floresta e a água**. Série Ecologia. Porto Alegre: Pallotti, 1998.

STRECK, E.V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS; UFRGS, 2002

SILVA, S. C. et al. **Zoneamento agroclimático para o arroz de terras altas no estado de Goiás**. Brasília: EMBRAPA - SPI, 1994.

SILVA, S. C. et al. **Caracterização do risco climático para a cultura do arroz de terras altas no estado de Mato Grosso**. Goiânia: EMBRAPA – CNPAF, 1997. 18p. (Documentos, 76).

SILVA, S. C. et al. **Zoneamento agroclimático para o cultivo do arroz de terras altas no estado de Minas Gerais**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 64p. (Documentos, 97).

SILVA, A. B. **Sistemas de informações geo-referenciadas: conceitos e aplicações**. Campinas, SP: Unicamp, 1999. 256p.

SOUZA, J. M. et al. Uma Arquitetura Organizacional para Sistemas de Informação Geográfica Orientados a Objetos. In: CONFERÊNCIA LATINO AMERICANA SOBRE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA, IV, São Paulo, 1993. **Anais**, São Paulo.1993.

STAR, J.,ESTES.J. Introduction and Background and History. Chaps. 1 and 2 in **Geographic Information Systems: An Introduction**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall. 1990

STEINMETZ, S. et al. **Zoneamento agroclimático do arroz irrigado por épocas de semeadura no estado do Rio Grande do Sul**. (Versão 3). Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2001b. 31p.(Embrapa Clima Temperado. Documentos, 81).

THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, v.38, n.1, p.55-94, 1948.

THORNTON, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Centerton-NJ: Institute of Technology – Laboratory of Climatology, 1955. 104p.

TOMLIN, D. **Geographic Information Systems and cartographic modeling**. New Jersey: Englewood Cliffs, 1990. 249p.

TOMMASELLI, J.T.G. et al. Erosividade da chuva na região oeste do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.7, n.2, p.283-293, 1999.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F.C.L. **Meteorologia Descritiva: Fundamentos e Aplicações Brasileiras**. 2ed. Editora Nobel. São Paulo, 1992. 327p.

VALERIANO, M. de M. PICINI, A. G. Uso de Sistema de Informação Geográfica para a geração de mapas de médias mensais de temperatura do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.8, n.2, p.255-262. 2000

van GENUCHTEN, M.T. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of insaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**. 1980.

VIEIRA, E. F., RANGEL, T.S. **Rio Grande do Sul: Geografia Física e Vegetação**. Editora Sagra, Porto Alegre, RS. 1984.

VIEIRA, M.C., LIMA.D.A. Brasil Região Sul - Vegetação. In: **Brasil. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE**. Rio de Janeiro, 1977. 534p.

VIOLA, E. J. et al. **Meio ambiente, desenvolvimento e cidadania: desafios para as ciências sociais**. São Paulo: Cortez; Florianópolis Universidade Federal de Santa Catarina, 1998b. 2 ed. 220p.

VILLA NOVA, N.A.; SCARDUA, R. O uso do método climatológico na determinação da irrigação. Campinas; SBA, 1984. 20p.( **Boletim Técnico**, n.2).



WESTPHALEN, S.L .,BERGAMASCHI, H. Recomendações de época de semeadura para a cultura do feijão no Rio Grande do sul. **Trigo & Soja**, Porto Alegre, v 24, p.3-5, 1977.

WILLMOTT, C.J. Some comments on the evaluation of model performance. **American Meteorological Society**, v.3, n.11, p.1309-1313, 1982.

WREGGE, M. et al. Risco de deficiência agrícola no espigamento do milho semeado em diferentes épocas no Paraná. In: REUNIÃO LATINO AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA.CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA AGROMETEOROLOGIA, 12., 2001, Fortaleza, CE. **Resumos**: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia. 2001, v.1. p. 221-222.

XAVIER da SILVA, J. **Geoprocessamento para análise ambiental**. Curso de Especialização em Geoprocessamento. Lageop Rio de Janeiro, 1999 c,15p.

## ANEXO I

Parâmetros da fórmula Thornthwaite e Evapotranspiração potencial (ETP) mensal normal para Santa Maria, RS, calculados com os valores normais climatológicos de 36 anos de temperatura média mensal do ar de Santa Maria, RS

Mês→ Operação↓	Jan	Fev	Mar	Abri I	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	∑ Ano
Temperatur a Normal	24,6	24,0	22,2	18,8	16,0	12,9	13,5	14,6	16,2	18,8	21,4	22,7	XXX
Índice Calor Mensal	11,16	10,75	9,55	7,43	5,82	4,20	4,50	5,07	5,93	7,43	9,04	9,88	<b>90,74</b>
ETP não ajustada	115,94	110,39	94,56	67,97	49,35	32,18	35,22	41,14	50,58	67,97	87,91	98,83	XXX
Fator de Correção FC	<b>1,20</b>	<b>1,03</b>	<b>1,06</b>	<b>0,95</b>	<b>0,92</b>	<b>0,85</b>	<b>0,90</b>	<b>0,96</b>	<b>1,00</b>	<b>1,12</b>	<b>1,14</b>	<b>1,21</b>	XXX
ETP Normal	139,1	113,7	100,2	64,6	45,4	27,3	31,7	39,5	50,6	76,1	100,2	119,6	908,1

Fórmulas básicas:

$$ETP = 16(10 t I^{-1})^a FC ,$$

$$a = 0,000000675 I^3 - 0,0000771 I^2 + 0,0179 I + 0,492 ,$$

$$FC = 2,77777 10^{-3} n^{\circ} N ,$$

onde: t= temperatura média mensal; I= Índice de calor anual; a=função exponencial de I; FC= fator de correção da ETP para o número real de dias do mês (n°) e a duração (astronômica) do dia (N).

Fórmulas com parâmetros calculados, utilizadas para o cálculo da ETP mensal da série de dados de 36 anos:

$$ETP = 16[(10 t (90,74^{-1}))^{1,985737} FC = 16 (0,110205 t)^{1,985737} FC$$

$$a = 0,504313 -0,634822 + 1,624246 + 0,492 = 1,985737.$$

## ANEXO II

Parâmetros das funções ajustadas à distribuição da deficiência hídrica (DH) mensal no solo determinada em balanço hídrico seqüencial diário para cada CAD dos solos com evapotranspiração potencial calculada pelo método de Penmann-Monteith.

MÊS	N	Transformação	Curva	Parâmetro Escalar	Parâmetro Forma	CAD
1	36	DH	LNORMAL	3.536224	0.618357	40
1	36	DH	LNORMAL	3.477602	0.63986	45
1	36	DH	EXPONTL	34.56911	.	60
1	36	DH	EXPONTL	33.34642	.	65
1	36	DH	EXPONTL	29.33364	.	85
1	36	DH	EXPONTL	27.74242	.	95
1	36	DH	EXPONTL	26.45581	.	104
1	36	RAIZQ	LNORMAL	1.457524	0.394983	120
1	36	RAIZ3	LNORMAL	0.962578	0.265175	125
1	36	RAIZQ	LNORMAL	1.418263	0.402276	135
1	36	DH	GAMMA	10.09714	1.689367	215
2	36	DH	EXPONTL	23.22228	.	40
2	36	DH	EXPONTL	21.90217	.	45
2	36	RAIZQ	LNORMAL	1.339767	0.357755	60
2	36	RAIZQ	LNORMAL	1.312392	0.364912	65
2	36	RAIZ3	LNORMAL	0.815849	0.255809	85
2	36	DH	LNORMAL	2.372352	0.785174	95
2	36	DH	LNORMAL	2.309788	0.799457	104
2	36	RAIZQ	LNORMAL	1.063277	0.422615	135
3	36	RAIZ3	LNORMAL	0.976813	0.203059	40
3	36	RAIZ3	LNORMAL	0.951802	0.208529	45
3	36	RAIZQ	LNORMAL	1.33195	0.332851	60
3	36	DH	LNORMAL	2.609474	0.677666	65
3	36	DH	EXPONTL	14.16697	.	85
3	36	RAIZQ	LNORMAL	1.17402	0.368215	95
3	36	RAIZ3	LNORMAL	0.760971	0.250219	104
3	36	RAIZQ	LNORMAL	1.090941	0.386502	120
3	36	RAIZQ	LNORMAL	1.077221	0.389473	125
3	36	DH	EXPONTL	8.068806	.	215
4	36	DH	EXPONTL	10.81378	.	40
4	36	RAIZQ	GAMMA	0.433303	6.823893	45
4	36	DH	EXPONTL	8.579861	.	60
4	36	DH	EXPONTL	8.17975	.	65
4	36	DH	LNORMAL	1.547702	0.888126	85
4	36	DH	LNORMAL	1.461704	0.905704	95
4	36	DH	LNORMAL	1.393163	0.919532	104
4	36	RAIZQ	LNORMAL	0.64231	0.470924	120
4	36	RAIZ3	LNORMAL	0.418015	0.315961	125
4	36	RAIZQ	LNORMAL	0.597943	0.480345	135
4	36	DH	LNORMAL	0.829473	1.032434	215

N = número de ocorrências de deficiência hídrica (DH) de qualquer magnitude; DH = dados utilizados sem transformação; RAIZQ = transformação raiz quadrada dados utilizados; RAIZ3 = transformação raiz cúbica dados utilizados; CAD = capacidade de armazenamento de água disponível.

## ANEXO II

Continuação...

MÊS	N	Transformação	Curva	Parâmetro Escalar	Parâmetro Forma	CAD
5	36	DH	EXPONTL	3.272722	.	40
5	36	DH	EXPONTL	3.033222	.	45
5	36	DH	EXPONTL	2.573083	.	60
5	36	DH	LNORMAL	0.506446	0.878713	65
5	36	DH	EXPONTL	2.149028	.	85
5	36	RAIZQ	LNORMAL	0.101353	0.483937	95
5	36	DH	LNORMAL	0.12908	0.988016	104
5	36	DH	LNORMAL	0.008461	1.019188	120
5	36	DH	LNORMAL	-0.02538	1.02589	125
5	36	RAIZQ	LNORMAL	-0.25222	0.557001	215
6	36	DH	EXPONTL	1.113639	.	40
6	36	DH	EXPONTL	1.00575	.	45
6	36	DH	EXPONTL	0.778417	.	60
6	36	RAIZQ	LNORMAL	-0.33585	0.447169	65
6	36	DH	GAMMA	0.36748	1.538708	85
6	36	DH	EXPONTL	0.509778	.	95
6	36	DH	GAMMA	0.308107	1.518324	104
6	36	DH	EXPONTL	0.408306	.	120
6	36	DH	GAMMA	0.262831	1.495259	125
6	36	DH	EXPONTL	0.364861	.	135
6	36	DH	LNORMAL	-1.85373	0.973348	215
7	36	RAIZ3	LNORMAL	0.042497	0.261503	40
7	36	DH	EXPONTL	1.357417	.	45
7	36	DH	EXPONTL	1.039806	.	60
7	36	DH	EXPONTL	0.964722	.	65
7	36	DH	EXPONTL	0.747806	.	85
7	36	DH	EXPONTL	0.672306	.	95
7	36	DH	EXPONTL	0.616306	.	104
7	36	DH	EXPONTL	0.536417	.	120
7	36	RAIZ3	LNORMAL	-0.32358	0.27114	125
7	36	RAIZ3	LNORMAL	-0.34896	0.27176	135
7	36	RAIZ3	LNORMAL	-0.50492	0.276405	215
8	36	DH	LNORMAL	1.324549	0.615382	40
8	36	DH	LNORMAL	1.222449	0.622192	45
8	36	DH	LNORMAL	0.966303	0.63689	60
8	36	DH	LNORMAL	0.893886	0.640086	65
8	36	DH	EXPONTL	2.312361	.	85
8	36	DH	LNORMAL	0.542285	0.654414	95
8	36	DH	LNORMAL	0.457169	0.656899	104
8	36	DH	LNORMAL	0.321534	0.661036	120
8	36	DH	LNORMAL	0.28315	0.661284	125

N = número de ocorrências de deficiência hídrica (DH) de qualquer magnitude; DH = dados utilizados sem transformação; RAIZQ = transformação raiz quadrada dados utilizados; RAIZ3 = transformação raiz cúbica dados utilizados; CAD = capacidade de armazenamento de água disponível.

## ANEXO II

Continuação...

MÊS	N	Transformação	Curva	Parâmetro Escalar	Parâmetro Forma	CAD
9	36	DH	LNORMAL	2.039725	0.529387	40
9	36	DH	LNORMAL	1.946601	0.5426	45
9	36	RAIZQ	LNORMAL	0.855177	0.285331	60
9	36	RAIZ3	LNORMAL	0.547492	0.192516	65
9	36	DH	LNORMAL	1.409981	0.598206	85
9	36	RAIZQ	LNORMAL	0.655799	0.303057	95
9	36	RAIZQ	LNORMAL	0.615283	0.305992	104
9	36	DH	LNORMAL	1.101135	0.620335	120
9	36	RAIZQ	LNORMAL	0.531895	0.311323	125
9	36	RAIZQ	LNORMAL	0.496534	0.313399	135
9	36	DH	LNORMAL	0.557388	0.646	215
10	36	DH	LNORMAL	2.670523	0.660299	40
10	36	DH	LNORMAL	2.584722	0.673889	45
10	36	DH	LNORMAL	2.366492	0.705432	60
10	36	RAIZQ	LNORMAL	1.151654	0.356838	65
10	36	DH	LNORMAL	2.084268	0.738048	85
10	36	DH	LNORMAL	1.990443	0.746759	95
10	36	RAIZ3	LNORMAL	0.637628	0.251148	104
10	36	DH	LNORMAL	1.788474	0.762747	120
10	36	RAIZQ	LNORMAL	0.876248	0.382571	125
10	36	RAIZ3	LNORMAL	0.561409	0.256538	135
10	36	DH	LNORMAL	1.260713	0.792892	215
11	36	RAIZQ	LNORMAL	1.612082	0.339501	40
11	36	RAIZ3	LNORMAL	1.049804	0.233589	45
11	36	RAIZQ	LNORMAL	1.477214	0.374874	60
11	36	RAIZ3	LNORMAL	0.965716	0.254072	65
11	36	DH	LNORMAL	2.695782	0.800182	85
11	36	RAIZQ	LNORMAL	1.304156	0.407107	95
11	36	RAIZ3	LNORMAL	0.845177	0.274982	104
11	36	DH	LNORMAL	2.417822	0.840576	120
11	36	DH	LNORMAL	2.38374	0.84467	125
11	36	RAIZ3	GAMMA	0.176113	12.796	135
11	36	RAIZ3	LNORMAL	0.63771	0.296396	215
12	36	RAIZ3	LNORMAL	1.217967	0.151433	40
12	36	DH	GAMMA	8.443654	4.819777	45
12	36	DH	LNORMAL	3.456275	0.515308	60
12	36	DH	LNORMAL	3.413003	0.527759	65
12	36	RAIZ3	LNORMAL	1.087735	0.191319	85
12	36	RAIZQ	LNORMAL	1.597823	0.29658	95
12	36	RAIZQ	LNORMAL	1.569017	0.304143	104
12	36	DH	LNORMAL	3.043717	0.631142	120
12	36	DH	LNORMAL	3.015993	0.637414	125
12	36	RAIZ3	LNORMAL	0.987497	0.216307	135
12	36	RAIZ3	LNORMAL	0.870707	0.236221	215

N = número de ocorrências de deficiência hídrica (DH) de qualquer magnitude; DH = dados utilizados sem transformação; RAIZQ = transformação raiz quadrada dados utilizados; RAIZ3 = transformação raiz cúbica dados utilizados; CAD = capacidade de armazenamento de água disponível.

### ANEXO III

Parâmetros das funções ajustadas à distribuição da deficiência hídrica mensal no solo determinada em balanço hídrico seqüencial mensal para cada CAD com evapotranspiração potencial diária calculada pelo método de Penmann-Monteith.

MÊS	N	Transformação	Curva	Parâmetro Escalar	Parâmetro Forma	CAD
1	14	RAIZ3	LNORMAL	0.633756	0.850004	45
2	11	RAIZ3	EXPONTL	2.397024	.	45
3	10	DH	LNORMAL	1.555375	1.968551	45
4	5	RAIZQ	EXPONTL	3.283701	.	45
5	3	RAIZ3	EXPONTL	1.132584	.	45
8	6	RAIZ3	EXPONTL	1.261856	.	45
9	3	DH	EXPONTL	0.916333	.	45
10	8	RAIZQ	LNORMAL	0.433976	1.72163	45
11	11	DH	EXPONTL	29.56882	.	45
12	16	RAIZ3	EXPONTL	2.046482	.	45
1	14	RAIZ3	LNORMAL	0.572854	0.843045	60
2	11	RAIZQ	EXPONTL	3.841966	.	60
3	10	DH	LNORMAL	1.346355	2.001515	60
4	5	RAIZQ	EXPONTL	2.971378	.	60
5	3	RAIZ3	EXPONTL	1.049554	.	60
8	6	RAIZ3	EXPONTL	1.157754	.	60
9	3	DH	EXPONTL	0.704667	.	60
10	8	DH	LNORMAL	0.668807	3.384014	60
11	11	RAIZQ	EXPONTL	4.435581	.	60
12	16	RAIZ3	EXPONTL	1.93494	.	60
1	15	RAIZQ	EXPONTL	2.901193	.	95
2	11	RAIZ3	EXPONTL	2.104954	.	95
3	10	RAIZQ	LNORMAL	0.489871	1.024301	95
4	5	RAIZQ	EXPONTL	2.48654	.	95
5	3	RAIZ3	EXPONTL	0.921552	.	95
8	6	RAIZ3	EXPONTL	1.004098	.	95
10	7	RAIZ3	EXPONTL	1.76027	.	95
11	11	RAIZQ	EXPONTL	3.795839	.	95
12	16	RAIZQ	LNORMAL	0.42249	1.289849	95
1	15	RAIZ3	EXPONTL	1.819581	.	104
2	11	RAIZ3	EXPONTL	2.062936	.	104
3	10	RAIZQ	LNORMAL	0.452184	1.027525	104
4	5	RAIZQ	EXPONTL	2.395463	.	104
5	3	RAIZ3	EXPONTL	0.897332	.	104
8	6	RAIZ3	EXPONTL	0.976022	.	104
10	7	RAIZQ	LNORMAL	0.640852	0.80347	104
11	11	RAIZQ	EXPONTL	3.670434	.	104
12	16	DH	LNORMAL	0.775824	2.576892	104
1	15	RAIZ3	EXPONTL	1.737417	.	125
2	11	RAIZ3	EXPONTL	1.975636	.	125
3	10	RAIZ3	LNORMAL	0.24942	0.688597	125
4	5	RAIZQ	EXPONTL	2.216377	.	125
5	3	RAIZ3	EXPONTL	0.849412	.	125
8	6	RAIZ3	EXPONTL	0.920747	.	125
10	7	DH	LNORMAL	1.117408	1.618007	125
11	11	DH	LNORMAL	1.929672	1.749812	125
12	16	DH	LNORMAL	0.606127	2.638478	125

N = número de ocorrências de deficiência hídrica (DH) de qualquer magnitude; DH = dados utilizados sem transformação; RAIZQ = transformação raiz quadrada dados utilizados; RAIZ3 = transformação raiz cúbica dados utilizados; CAD = capacidade de armazenamento de água disponível.

## ANEXO III

Continuação...

MÊS	N	Transformação	Curva	Param Escalar	Param Forma	CAD
1	15	RAIZ3	EXPONTL	1.703426	.	135
2	10	RAIZQ	EXPONTL	3.263295	.	135
3	10	RAIZQ	LNORMAL	0.340312	1.036108	135
4	5	RAIZQ	EXPONTL	2.144044	.	135
5	3	RAIZ3	EXPONTL	0.829805	.	135
8	6	RAIZ3	EXPONTL	0.898229	.	135
10	7	DH	LNORMAL	1.047114	1.623268	135
11	11	DH	LNORMAL	1.864657	1.756732	135
12	16	DH	LNORMAL	0.544166	2.634621	135
1	14	DH	LNORMAL	0.722753	2.476115	215
2	10	RAIZ3	LNORMAL	0.541551	0.463859	215
3	10	DH	LNORMAL	0.262627	2.097192	215
4	5	RAIZQ	EXPONTL	1.742092	.	215
5	3	RAIZ3	EXPONTL	0.718884	.	215
8	6	RAIZ3	EXPONTL	0.772867	.	215
10	7	RAIZQ	LNORMAL	0.307602	0.822278	215
11	11	RAIZQ	LNORMAL	0.728251	0.89461	215
12	16	RAIZQ	LNORMAL	0.057468	1.358746	215

N = número de ocorrências de deficiência hídrica (DH) de qualquer magnitude; DH = dados utilizados sem transformação; RAIZQ = transformação raiz quadrada dados utilizados; RAIZ3 = transformação raiz cúbica dados utilizados; CAD = capacidade de armazenamento de água disponível.

## ANEXO IV

Parâmetros das funções ajustadas à distribuição da deficiência hídrica mensal no solo determinada em balanço hídrico seqüencial mensal para cada CAD, com evapotranspiração potencial mensal calculada pelo método Thornthwaite.

MES	N	Transformação	Curva	Param Escalar	Param Forma	CAD
1	19	RAIZQ	EXPONENCIAL	4.773429616 .		45
2	18	RAIZ3	LOG-NORMAL	0.656899253	0.708386	45
3	14	DH	EXPONENCIAL	20.84335714 .		45
4	9	RAIZ3	LOG-NORMAL	0.588978098	0.667497	45
5	4	RAIZ3	EXPONENCIAL	1.892482133 .		45
8	6	DH	EXPONENCIAL	4.275833333 .		45
10	7	RAIZQ	EXPONENCIAL	3.078357634 .		45
11	13	DH	EXPONENCIAL	26.83938462 .		45
12	20	DH	LOG-NORMAL	1.683254344	2.326838	45
1	19	RAIZ3	LOG-NORMAL	0.822889278	0.604323	60
2	18	DH	LOG-NORMAL	1.818331582	2.164205	60
3	14	RAIZ3	LOG-NORMAL	0.792872587	0.473822	60
4	9	DH	LOG-NORMAL	1.568457426	2.04048	60
5	4	RAIZ3	EXPONENCIAL	1.780538166 .		60
8	6	DH	EXPONENCIAL	3.338 .		60
10	7	RAIZQ	EXPONENCIAL	2.770795542 .		60
11	13	RAIZ3	EXPONENCIAL	2.20304527 .		60
12	20	RAIZ3	EXPONENCIAL	2.087839492 .		60
1	19	RAIZQ	EXPONENCIAL	3.833457897 .		95
2	18	DH	LOG-NORMAL	1.510422097	2.240151	95
3	14	RAIZ3	GAMMA	0.355085989	6.152172	95
4	9	DH	LOG-NORMAL	1.211642777	2.096438	95
5	4	RAIZQ	EXPONENCIAL	2.177922871 .		95
8	6	DH	EXPONENCIAL	2.205666667 .		95
10	7	RAIZQ	EXPONENCIAL	2.303722769 .		95
11	12	RAIZQ	EXPONENCIAL	3.53820459 .		95
12	20	DH	LOG-NORMAL	1.115264339	2.455332	95
1	19	RAIZQ	EXPONENCIAL	3.722800148 .		104
2	18	DH	EXPONENCIAL	16.42111111 .		104
3	14	DH	EXPONENCIAL	12.8265 .		104
3	14	DH	GAMMA	11.68786703	1.09742	104
4	9	DH	LOG-NORMAL	1.141598762	2.092816	104
5	4	RAIZ3	EXPONENCIAL	1.559119512 .		104
8	6	DH	EXPONENCIAL	2.028666667 .		104
10	7	RAIZQ	EXPONENCIAL	2.217118618 .		104
11	12	RAIZQ	EXPONENCIAL	3.425985883 .		104
12	20	RAIZ3	EXPONENCIAL	1.844877041 .		104
1	19	RAIZQ	EXPONENCIAL	3.497655941 .		125
2	18	RAIZQ	LOG-NORMAL	0.652337209	1.134861	125
3	14	DH	GAMMA	10.36048952	1.088345	125
4	9	DH	LOG-NORMAL	0.980816465	2.123978	125

N = número de ocorrências de deficiência hídrica (DH) de qualquer magnitude; DH = dados utilizados sem transformação; RAIZQ = transformação raiz quadrada dados utilizados; RAIZ3 = transformação raiz cúbica dados utilizados; CAD = capacidade de armazenamento de água disponível.



## ANEXO IV

Continuação...

MÊS	N	Transformação	Curva	Param Escalar	Param Forma	CAD
5	4	RAIZ3	EXPONENCIAL	1.485403097	.	125
8	6	DH	EXPONENCIAL	1.708333333	.	125
10	7	RAIZQ	EXPONENCIAL	2.047400676	.	125
11	12	RAIZ3	EXPONENCIAL	2.001953454	.	125
12	20	RAIZ3	EXPONENCIAL	1.762751233	.	125
1	19	RAIZQ	EXPONENCIAL	3.404136745	.	135
2	18	RAIZ3	EXPONENCIAL	1.883860727	.	135
3	14	RAIZQ	GAMMA	0.970216031	3.069549	135
4	9	DH	LOG-NORMAL	0.915487268	2.127235	135
5	4	RAIZ3	EXPONENCIAL	1.454420364	.	135
8	6	DH	EXPONENCIAL	1.589	.	135
10	7	RAIZQ	EXPONENCIAL	1.979307602	.	135
11	12	RAIZ3	LOG-NORMAL	0.41735339	0.850984	135
12	20	RAIZ3	EXPONENCIAL	1.728243552	.	135
1	19	RAIZQ	EXPONENCIAL	2.856977648	.	215
2	18	RAIZ3	EXPONENCIAL	1.668783497	.	215
3	14	DH	EXPONENCIAL	7.414357143	.	215
4	9	RAIZ3	LOG-NORMAL	0.167931017	0.715781	215
5	4	RAIZ3	EXPONENCIAL	1.27474662	.	215
8	6	DH	EXPONENCIAL	1.018833333	.	215
10	7	RAIZ3	EXPONENCIAL	1.292605301	.	215
11	12	RAIZQ	LOG-NORMAL	0.419372857	1.298492	215
12	20	RAIZ3	EXPONENCIAL	1.524684576	.	215

N = número de ocorrências de deficiência hídrica (DH) de qualquer magnitude; DH = dados utilizados sem transformação; RAIZQ = transformação raiz quadrada dados utilizados; RAIZ3 = transformação raiz cúbica dados utilizados; CAD = capacidade de armazenamento de água disponível.

## ANEXO V

Funções que melhor se ajustaram às probabilidades de ocorrência de deficiência hídrica decêndial no solo (DH) ou seus valores transformados (Transf), determinada em 36 anos através de balanço hídrico seqüencial diário para cada CAD com evapotranspiração potencial calculada pelo método de Penmann-Monteith.

DEC	CAD	Transf	Função	DEC	CAD	Transf	Função	DEC	CAD	Transf	Função
11	40	RAIZQ	GAMMA	51	40	RAIZ3	GAMMA	91	40	RAIZQ	GAMMA
11	45	RAIZQ	GAMMA	51	45	RAIZ3	LNORMAL	91	45	RAIZQ	GAMMA
11	60	RAIZQ	GAMMA	51	60	RAIZ3	GAMMA	91	60	RAIZ3	LNORMAL
11	65	RAIZQ	LNORMAL	51	65	RAIZ3	GAMMA	91	65	RAIZ3	GAMMA
11	85	RAIZ3	GAMMA	51	85	RAIZ3	LNORMAL	91	85	RAIZ3	LNORMAL
11	95	RAIZ3	GAMMA	51	95	RAIZ3	LNORMAL	91	95	RAIZ3	GAMMA
11	104	RAIZ3	GAMMA	51	104	RAIZ3	LNORMAL	91	104	DH	LNORMAL
11	120	RAIZ3	GAMMA	51	120	RAIZQ	LNORMAL	91	120	RAIZ3	GAMMA
11	125	RAIZ3	GAMMA	51	125	RAIZ3	GAMMA	91	125	RAIZ3	LNORMAL
11	135	RAIZ3	GAMMA	51	135	RAIZ3	LNORMAL	91	135	RAIZ3	GAMMA
11	215	RAIZ3	GAMMA	51	215	RAIZ3	LNORMAL	91	215	RAIZ3	GAMMA
12	40	DH	EXPONTL	52	40	RAIZ3	LNORMAL	92	40	RAIZQ	GAMMA
12	45	DH	GAMMA	52	45	RAIZQ	LNORMAL	92	45	DH	GAMMA
12	60	RAIZ3	GAMMA	52	60	RAIZ3	GAMMA	92	60	DH	GAMMA
12	65	RAIZQ	GAMMA	52	65	RAIZ3	GAMMA	92	65	RAIZ3	GAMMA
12	85	RAIZQ	LNORMAL	52	85	RAIZ3	GAMMA	92	85	RAIZQ	GAMMA
12	95	RAIZQ	LNORMAL	52	95	RAIZQ	EXPONTL	92	95	DH	LNORMAL
12	104	RAIZ3	GAMMA	52	104	RAIZ3	LNORMAL	92	104	RAIZ3	LNORMAL
12	120	RAIZ3	GAMMA	52	120	RAIZ3	LNORMAL	92	120	RAIZ3	LNORMAL
12	125	RAIZQ	GAMMA	52	125	RAIZQ	LNORMAL	92	125	RAIZ3	LNORMAL
12	135	RAIZQ	GAMMA	52	135	RAIZQ	LNORMAL	92	135	DH	LNORMAL
12	215	RAIZ3	LNORMAL	52	215	RAIZ3	LNORMAL	92	215	RAIZ3	LNORMAL
13	40	RAIZ3	LNORMAL	53	40	RAIZQ	GAMMA	93	40	DH	EXPONTL
13	45	RAIZ3	LNORMAL	53	45	RAIZ3	GAMMA	93	45	DH	EXPONTL
13	60	RAIZQ	LNORMAL	53	60	RAIZQ	LNORMAL	93	60	DH	EXPONTL
13	65	RAIZQ	LNORMAL	53	65	RAIZQ	GAMMA	93	65	RAIZ3	GAMMA
13	85	DH	GAMMA	53	85	RAIZ3	GAMMA	93	85	RAIZQ	LNORMAL
13	95	RAIZQ	LNORMAL	53	95	RAIZ3	GAMMA	93	95	RAIZQ	GAMMA
13	104	DH	LNORMAL	53	104	RAIZ3	GAMMA	93	104	RAIZQ	GAMMA
13	120	RAIZ3	LNORMAL	53	120	RAIZ3	GAMMA	93	120	RAIZ3	LNORMAL
13	125	DH	LNORMAL	53	125	RAIZ3	GAMMA	93	125	RAIZ3	GAMMA
13	135	RAIZ3	GAMMA	53	135	RAIZ3	GAMMA	93	135	RAIZ3	LNORMAL
13	215	RAIZ3	LNORMAL	53	215	RAIZ3	GAMMA	93	215	DH	EXPONTL
21	40	DH	LNORMAL	61	40	RAIZ3	GAMMA	101	40	RAIZ3	GAMMA
21	45	RAIZ3	LNORMAL	61	45	RAIZ3	GAMMA	101	45	DH	LNORMAL
21	60	RAIZ3	LNORMAL	61	60	RAIZ3	LNORMAL	101	60	DH	LNORMAL
21	65	RAIZ3	LNORMAL	61	65	RAIZ3	LNORMAL	101	65	RAIZ3	GAMMA
21	85	RAIZQ	LNORMAL	61	85	RAIZ3	GAMMA	101	85	RAIZQ	LNORMAL
21	95	RAIZ3	LNORMAL	61	95	RAIZ3	GAMMA	101	95	RAIZ3	GAMMA
21	104	RAIZ3	LNORMAL	61	104	RAIZQ	LNORMAL	101	104	RAIZ3	GAMMA
21	120	RAIZQ	LNORMAL	61	120	RAIZQ	GAMMA	101	120	DH	EXPONTL
21	125	RAIZQ	LNORMAL	61	125	DH	LNORMAL	101	125	DH	LNORMAL
21	135	RAIZQ	LNORMAL	61	135	RAIZ3	GAMMA	101	135	DH	LNORMAL
21	215	RAIZ3	LNORMAL	61	215	RAIZQ	GAMMA	101	215	RAIZQ	GAMMA

## ANEXO V

Continuação...

DEC	CAD	Transf	Função	DEC	CAD	Transf	Função	DEC	CAD	Transf	Função
22	40	RAIZ3	GAMMA	62	40	RAIZ3	GAMMA	102	40	RAIZ3	LNORMAL
22	45	RAIZ3	GAMMA	62	45	RAIZQ	GAMMA	102	45	DH	LNORMAL
22	60	RAIZ3	GAMMA	62	60	RAIZ3	GAMMA	102	60	RAIZ3	LNORMAL
22	65	RAIZ3	LNORMAL	62	65	RAIZ3	GAMMA	102	65	RAIZ3	GAMMA
22	85	RAIZ3	GAMMA	62	85	RAIZ3	GAMMA	102	85	RAIZ3	GAMMA
22	95	RAIZQ	LNORMAL	62	95	RAIZQ	EXPONTL	102	95	RAIZ3	GAMMA
22	104	RAIZQ	LNORMAL	62	104	RAIZ3	LNORMAL	102	104	RAIZ3	GAMMA
22	120	RAIZQ	LNORMAL	62	120	RAIZ3	GAMMA	102	120	RAIZQ	GAMMA
22	125	RAIZQ	LNORMAL	62	125	RAIZ3	GAMMA	102	125	RAIZQ	LNORMAL
22	135	RAIZ3	LNORMAL	62	135	RAIZ3	LNORMAL	102	135	RAIZ3	LNORMAL
22	215	RAIZ3	GAMMA	62	215	RAIZ3	GAMMA	102	215	RAIZQ	GAMMA
23	40	RAIZ3	LNORMAL	63	40	RAIZQ	GAMMA	103	40	DH	LNORMAL
23	45			63	45	RAIZQ	GAMMA	103	45	RAIZ3	LNORMAL
23	60			63	60	RAIZ3	GAMMA	103	60	DH	EXPONTL
23	65	RAIZ3	GAMMA	63	65	RAIZ3	LNORMAL	103	65	RAIZQ	GAMMA
23	85			63	85	RAIZQ	GAMMA	103	85	RAIZQ	GAMMA
23	95			63	95	RAIZ3	GAMMA	103	95	DH	EXPONTL
23	104			63	104	RAIZQ	GAMMA	103	104	DH	EXPONTL
23	120	RAIZ3	LNORMAL	63	120	RAIZ3	GAMMA	103	120	RAIZ3	GAMMA
23	125	RAIZ3	LNORMAL	63	125	RAIZ3	GAMMA	103	125	RAIZ3	GAMMA
23	135	RAIZ3	LNORMAL	63	135	RAIZ3	GAMMA	103	135	RAIZ3	GAMMA
23	215	RAIZQ	LNORMAL	63	215	RAIZ3	GAMMA	103	215	RAIZQ	GAMMA
31	40	RAIZQ	LNORMAL	71	40	RAIZ3	LNORMAL	111	40	DH	EXPONTL
31	45	RAIZ3	GAMMA	71	45	RAIZ3	GAMMA	111	45	DH	EXPONTL
31	60	RAIZ3	GAMMA	71	60	RAIZQ	GAMMA	111	60	DH	EXPONTL
31	65	RAIZ3	GAMMA	71	65	DH	LNORMAL	111	65	DH	EXPONTL
31	85	RAIZQ	GAMMA	71	85	RAIZQ	GAMMA	111	85	DH	EXPONTL
31	95	RAIZ3	GAMMA	71	95	RAIZQ	EXPONTL	111	95	DH	EXPONTL
31	104	RAIZ3	GAMMA	71	104	RAIZ3	LNORMAL	111	104	RAIZQ	LNORMAL
31	120	RAIZ3	GAMMA	71	120	RAIZQ	EXPONTL	111	120	RAIZ3	LNORMAL
31	125	RAIZ3	GAMMA	71	125	RAIZ3	GAMMA	111	125	RAIZ3	GAMMA
31	135	RAIZQ	GAMMA	71	135	RAIZ3	GAMMA	111	135	RAIZ3	GAMMA
31	215	RAIZ3	GAMMA	71	215	RAIZ3	GAMMA	111	215	RAIZ3	LNORMAL
32	40	RAIZQ	GAMMA	72	40	RAIZ3	GAMMA	112	40	RAIZQ	LNORMAL
32	45	RAIZQ	GAMMA	72	45	RAIZQ	GAMMA	112	45	DH	EXPONTL
32	60	RAIZQ	GAMMA	72	60	RAIZ3	LNORMAL	112	60	RAIZQ	LNORMAL
32	65	DH	EXPONTL	72	65	RAIZ3	GAMMA	112	65	DH	EXPONTL
32	85	RAIZQ	GAMMA	72	85	RAIZQ	GAMMA	112	85	RAIZ3	LNORMAL
32	95	DH	EXPONTL	72	95	RAIZ3	GAMMA	112	95	DH	EXPONTL
32	104	RAIZQ	GAMMA	72	104	RAIZQ	LNORMAL	112	104	DH	EXPONTL
32	120	RAIZQ	GAMMA	72	120	RAIZ3	LNORMAL	112	120	DH	EXPONTL
32	125	DH	EXPONTL	72	125	RAIZ3	LNORMAL	112	125	RAIZQ	GAMMA
32	135	DH	EXPONTL	72	135	RAIZ3	LNORMAL	112	135	RAIZQ	GAMMA
32	215	DH	EXPONTL	72	215	RAIZQ	LNORMAL	112	215	RAIZ3	GAMMA

## ANEXO V

Continuação...

DEC	CAD	Transf	Função	DEC	CAD	Transf	Função	DEC	CAD	Transf	Função
33	40	DH	EXPONTL	73	40	RAIZ3	GAMMA	113	40	RAIZQ	GAMMA
33	45	RAIZ3	GAMMA	73	45	RAIZ3	GAMMA	113	45	RAIZ3	LNORMAL
33	60	RAIZ3	GAMMA	73	60	RAIZ3	GAMMA	113	60	RAIZ3	LNORMAL
33	65	DH	EXPONTL	73	65	RAIZ3	GAMMA	113	65	DH	GAMMA
33	85	RAIZ3	LNORMAL	73	85	RAIZ3	GAMMA	113	85	DH	GAMMA
33	95	DH	EXPONTL	73	95	RAIZ3	GAMMA	113	95	RAIZ3	GAMMA
33	104	RAIZQ	LNORMAL	73	104	RAIZQ	GAMMA	113	104	RAIZ3	GAMMA
33	120	RAIZ3	LNORMAL	73	120	RAIZ3	GAMMA	113	120	RAIZQ	LNORMAL
33	125	RAIZQ	GAMMA	73	125	RAIZ3	GAMMA	113	125	DH	GAMMA
33	135	DH	LNORMAL	73	135	RAIZ3	LNORMAL	113	135	DH	GAMMA
33	215	RAIZ3	GAMMA	73	215	RAIZ3	GAMMA	113	215	DH	GAMMA
41	40	DH	EXPONTL	81	40	DH	EXPONTL	121	40	RAIZ3	GAMMA
41	45	DH	GAMMA	81	45	DH	EXPONTL	121	45	RAIZQ	LNORMAL
41	60	DH	GAMMA	81	60	DH	EXPONTL	121	60	RAIZ3	LNORMAL
41	65	DH	GAMMA	81	65	RAIZQ	GAMMA	121	65	RAIZ3	GAMMA
41	85	RAIZQ	GAMMA	81	85	RAIZ3	GAMMA	121	85	RAIZ3	GAMMA
41	95	DH	GAMMA	81	95	RAIZQ	GAMMA	121	95	RAIZ3	GAMMA
41	104	RAIZ3	GAMMA	81	104	RAIZQ	GAMMA	121	104	RAIZQ	LNORMAL
41	120	RAIZ3	GAMMA	81	120	RAIZQ	GAMMA	121	120	RAIZ3	GAMMA
41	125	DH	GAMMA	81	125	RAIZQ	GAMMA	121	125	RAIZ3	GAMMA
41	135	DH	GAMMA	81	135	RAIZ3	GAMMA	121	135	RAIZQ	LNORMAL
41	215	RAIZQ	GAMMA	81	215	RAIZQ	GAMMA	121	215	RAIZ3	GAMMA
42	40	RAIZ3	LNORMAL	82	40	DH	EXPONTL	122	40	RAIZQ	GAMMA
42	45	RAIZ3	LNORMAL	82	45	DH	EXPONTL	122	45	RAIZQ	GAMMA
42	60	RAIZ3	LNORMAL	82	60	DH	EXPONTL	122	60	RAIZ3	GAMMA
42	65	RAIZQ	EXPONTL	82	65	RAIZ3	GAMMA	122	65	RAIZ3	GAMMA
42	85	RAIZQ	GAMMA	82	85	DH	EXPONTL	122	85	RAIZQ	LNORMAL
42	95	RAIZQ	EXPONTL	82	95	DH	EXPONTL	122	95	RAIZ3	GAMMA
42	104	RAIZQ	GAMMA	82	104	RAIZ3	GAMMA	122	104	RAIZ3	LNORMAL
42	120	RAIZ3	LNORMAL	82	120	DH	EXPONTL	122	120	RAIZ3	LNORMAL
42	125	RAIZQ	EXPONTL	82	125	RAIZQ	GAMMA	122	125	RAIZ3	LNORMAL
42	135	RAIZQ	EXPONTL	82	135	RAIZQ	LNORMAL	122	135	RAIZ3	LNORMAL
42	215	RAIZ3	GAMMA	82	215	RAIZ3	GAMMA	122	215	RAIZ3	LNORMAL
43	40	RAIZ3	GAMMA	83	40	DH	GAMMA	123	40	RAIZQ	LNORMAL
43	45	RAIZQ	LNORMAL	83	45	DH	EXPONTL	123	45	RAIZQ	GAMMA
43	60	RAIZQ	LNORMAL	83	60	DH	EXPONTL	123	60	RAIZQ	GAMMA
43	65	RAIZQ	EXPONTL	83	65	DH	GAMMA	123	65	RAIZQ	GAMMA
43	85	RAIZ3	LNORMAL	83	85	DH	GAMMA	123	85	RAIZQ	LNORMAL
43	95	RAIZ3	LNORMAL	83	95	RAIZQ	GAMMA	123	95	RAIZ3	GAMMA
43	104	RAIZ3	LNORMAL	83	104	DH	EXPONTL	123	104	RAIZ3	GAMMA
43	120	RAIZQ	LNORMAL	83	120	DH	EXPONTL	123	120	RAIZ3	GAMMA
43	125	RAIZQ	LNORMAL	83	125	RAIZQ	GAMMA	123	125	RAIZ3	GAMMA
43	135	RAIZQ	LNORMAL	83	135	DH	GAMMA	123	135	RAIZ3	GAMMA
43	215	RAIZQ	LNORMAL	83	215	DH	EXPONTL	123	215	RAIZ3	GAMMA