

**Tese de Doutorado em Recursos Naturais**  
**Área de Concentração: Recursos Hídricos**  
**Título: Risco climático do cultivo da**  
**mamoneira em Estados do**  
**Nordeste brasileiro**  
**Autor(a): Cristiana Vidal Accioly**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**  
**PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS**

Av. Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, 58109-970, Campina Grande - PB

Tel.: (0xx83) 3310 1199; Fax: (0xx83) 3310 1202; E-mail:

[pvieira@dca.ufcg.edu.br](mailto:pvieira@dca.ufcg.edu.br)



**TESE**

# **RISCO CLIMÁTICO DO CULTIVO DA MAMONEIRA EM ESTADOS DO NORDESTE BRASILEIRO**

**CRISTIANA VIDAL ACCIOLY**

**CAMPINA GRANDE - PB**

**OUTUBRO, 2006**

**AUTORA: CRISTIANA VIDAL ACCIOLY**

AUTORA: CRISTIANA VIDAL ACCIOLY

TÍTULO:

**RISCO CLIMÁTICO DO CULTIVO DA MAMONEIRA EM ESTADOS DO  
NORDESTE BRASILEIRO**

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: AGROCLIMATOLOGIA

Tese apresentada ao curso de doutorado em Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Doutor.

Prof. Dr. Tantravahi Venkata Ramana Rao

Orientador

Prof. Dr. Pedro Dantas Fernandes

Co – orientador

CAMPINA GRANDE - PB

OUTUBRO, 2006

**DIGITALIZAÇÃO:**  
**SISTEMOTECA - UFCG**

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG**

A171r Accioly, Cristiana Vidal  
2006 Risco climático do cultivo da mamoneira em Estados do Nordeste brasileiro/  
Cristiana Vidal Accioly. — Campina Grande, 2006.  
200 f. il.

Referências.

Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

Orientadores: Prof. Dr. Tantravahi Venkata Ramana Rao e Prof. Dr. Pedro Dantas Fernandes.

1— Mamona 2— Zoneamento agroclimatológico 3— Período de Cultivo  
4— Água Disponível 5— Risco Climático I— Título

CDU 633.855.34:551.581

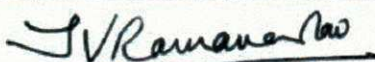


**CRISTIANA VIDAL ACCIOLY**

**RISCO CLIMÁTICO DO CULTIVO DA MAMONEIRA EM ESTADOS DO NORDESTE  
BRASILEIRO**

**APROVADO EM: 04/12/2006**

**BANCA EXAMINADORA:**



**TANTRAVAHÍ VENKATĀ RAMANA RAO**

Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas - UACA  
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais - CTRN  
Universidade Federal de Campina Grande - UFCG



**PEDRO DANTAS FERNANDES**

Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola - UAEA  
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais - CTRN  
Universidade Federal de Campina Grande - UFCG



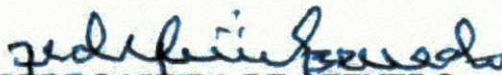
**JOSÉ MARIA NOGUEIRA DA COSTA**

Departamento de Engenharia Agrícola - DEA  
Universidade Federal de Viçosa - UFV



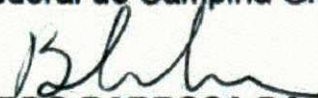
**JOSÉ AMÁRICO BORDINI DO AMARAL**

Centro Nacional de Pesquisa do Algodão - Embrapa Algodão  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA



**PEDRO VIEIRA DE AZEVEDO**

Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas - UACA  
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais - CTRN  
Universidade Federal de Campina Grande - UFCG



**BERNARDO BARBOSA DA SILVA**

Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas - UACA  
Centro de Tecnologia e Recursos Naturais - CTRN  
Universidade Federal de Campina Grande - UFCG

## DEDICATÓRIA

*“Sobre isso também treme o meu coração, e salta do seu lugar. Dai atentamente ouvidos ao estrondo da voz de Deus e ao somido que sai da sua boca. Ele o envia por debaixo de todo o céu, e o seu relâmpago até os confins da terra. Depois do relâmpago ruge uma grande voz; ele troveja com a sua voz majestosa; e não retarda os raios, quando é ouvida a sua voz. Com a sua voz troveja Deus maravilhosamente; faz grandes coisas, que nós não compreendemos. Pois à neve diz: Cai sobre a terra; como também às chuvas e aos aguaceiros: Sede copiosos. Ele sela as mãos de todo homem, para que todos saibam que ele os fez. E as feras entram nos esconderijos e ficam nos seus covis. Da recâmara do sul sai o tufão, e do norte o frio. Ao sopro de Deus forma-se o gelo, e as largas águas são congeladas. Também de umidade carrega as grossas nuvens; as nuvens espalham relâmpagos. Fazem evoluções sob a sua direção, para efetuar tudo quanto lhes ordena sobre a superfície do mundo habitável: seja para disciplina, ou para a sua terra, ou para beneficência, que as faça vir. A isto, Jó, inclina os teus ouvidos; pára e considera as obras maravilhosas de Deus. Sabes tu como Deus lhes dá as suas ordens, e faz resplandecer o relâmpago da sua nuvem? Compreendes o equilíbrio das nuvens, e as maravilhas daquele que é perfeito nos conhecimentos; tu cujas vestes são quentes, quando há calma sobre a terra por causa do vento sul? Acaso podes, como ele, estender o firmamento, que é sólido como um espelho fundido?... Por isso o temem os homens; ele não respeita os que se julgam sábios.”*

JÔ.37

*“Se atentamente ouvires a voz do Senhor, teu Deus, tendo o cuidado de guardar todos os seus mandamentos que hoje te ordeno, o Senhor teu Deus te exaltará sobre todas as nações da terra. Se ouvires a voz do Senhor, teu Deus, virão sobre ti e te alcançarão todas estas bênçãos: ... O Senhor te abrirá o seu bom tesouro, o céu, para dar chuva à tua terra no seu tempo e para abençoar toda obra das tuas mãos...”*

DT 28.1, 2, 12

Dedico esta obra ao “Autor” e “Consumador” da vida: **Jesus Cristo**. Em Quem **todas** as coisas são possíveis.

## AGRADECIMENTOS

A meu marido, pelo amor, apoio e incentivo nestes anos dedicados a realização de mais este passo para minha formação acadêmica.

A meus filhos, por me amarem e serem um incentivo à busca de melhorias, dando-me forças para prosseguir.

A minha família, e mãe principalmente, que sempre investiu recursos e esforços para formar a profissional que sou hoje.

Aos amigos Ivan e Rossana, que tiveram importante papel no início deste curso.

A Bárbara pelo carinho.

A minha irmã, Carolina e a Joseh, pelo apoio espiritual e físico.

A minha irmã, Márcia. Por estar comigo.

A Telmo Araújo, pelo apoio, sempre.

A meu orientador Prof. Tantravahi Ventaka Ramana Rao, pessoa admirável, pela dedicação ajuda e acompanhamento em todos os anos de minha vida acadêmica dentro desta universidade.

Ao professor Pedro Vieira de Azevedo, por seu apoio na fase final deste trabalho, e contribuição, através de seus posicionamentos profissionais, na minha formação pessoal.

Ao professor Pedro Dantas pelo apoio e excelente exemplo profissional.

Ao Prof. Karuna pelo fornecimento de programas e grande parte de material bibliográfico.

A Eyres, aos colegas de curso e todos que direta ou indiretamente estiveram comigo durante esta jornada.

Meu muitíssimo obrigado.

E meu eterno agradecimento a meu "Pai", a Quem devo a realização deste trabalho, por me amar, por ter me dado esta oportunidade, sempre colocando pessoas maravilhosas em meu caminho, por estar comigo em cada segundo, me confortando, fortalecendo, orientando e me ensinando, mesmo através das adversidades.

## RESUMO

Existe, atualmente, uma crescente necessidade de novas fontes de energia. As fontes renováveis, como o biodiesel, aparecem como uma solução limpa e eficaz para o suprimento das futuras demandas energéticas. Nesse contexto, a mamona, vem assumindo um lugar de destacada importância mundial. Sua característica de fácil adaptação às regiões semi-áridas e a qualidade de seu óleo são responsáveis pelo atual interesse mundial em seu cultivo. Por sua exigência de altas temperaturas, a mamona se adapta muito bem aos Trópicos. Por isso, o Nordeste do Brasil vem despontando como uma região promissora à produção de sementes de mamona. Tendo, entretanto, na maior parte de sua região, uma grande instabilidade no regime pluviométrico, as incertezas quanto ao plantio em sequeiro (sem irrigação), fazem com que o pequeno agricultor sofra grandes perdas em suas plantações. Considerando tais características, efetuou-se, através de um zoneamento agroclimatológico, a identificação das áreas aptas ao cultivo e a determinação da época mais favorável para o início do plantio da mamona, em regime de sequeiro, nos Estados de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte. Para cada localidade selecionada, o período de crescimento da mamona foi determinado usando médias e probabilidades da cadeia de Markov da umidade disponível do solo. Com os resultados, as áreas com aptidões para o cultivo da mamona foram determinadas. Os resultados mostraram uma acentuada restrição de disponibilidade de água no solo para a mamoneira. Verificou-se que para os níveis de CAD trabalhados e considerando-se a limitação de altitude ótima para o cultivo da mamoneira, a maior parte do Estado da Paraíba não tem condições de umidade do solo adequadas para suprir as necessidades da mamoneira em todo o período crítico de seu ciclo de desenvolvimento. Sendo necessária a irrigação em quase toda a extensão do Estado, com exceção das regiões dos municípios de Araruna e Alagoa Nova para todos os níveis de CAD, e Olho D'Água para CAD<sub>150</sub>, CAD<sub>200</sub> e CAD<sub>250</sub>. O Estado de Pernambuco apresentou condições mais favoráveis ao cultivo da mamoneira em sequeiro numa faixa do Agreste que compreende as regiões próximas aos municípios de Cortês, Maraiá e Jucati, e micro região circunvizinha de Machados, para CAD<sub>100</sub>, CAD<sub>150</sub> e CAD<sub>200</sub>, para o nível de CAD<sub>250</sub>, há uma pequena região ao Norte do Sertão, compreendendo os municípios circunvizinhos a São José do Belmonte e todo o Agreste à exceção da região em torno do município de Caruaru. No Rio Grande do Norte a produção da mamona em sequeiro, para

todos os níveis de CAD, deve ser restrita apenas a uma pequena região no sudoeste do estado próximo ao município de São Miguel e pequena região próxima a Coronel Ezequiel. A prática da irrigação suplementar é essencial para a viabilização desta atividade nas demais regiões do Estado.

**Palavras – chave: Mamona, Zoneamento agroclimatológico, período de cultivo, água disponível, risco climático.**

## **ABSTRACT**

# **CLIMATIC RISK OF CASTOR BEANS CROP CULTIVATION IN SOME STATES OF NORTHEAST BRAZIL**

Nowadays, there is an increasing necessity of new energy sources. The renewable sources, like biodiesel, appears as a clean and efficient solution to suppliment the future energy demands. In this context, castor bean, has assumed a prominent place in the world. It's characteristic of easy adaptation in semi-arid regions, and the quality of its oil are responsible for the worldwide interest in the cultivation of the castor beans. Because of its high temperature requirement, the castor bean is very well adapted to the tropical regions. Thus, the Northeast Brazil shows up as a great castor bean seed-producing region. Having, however, most of this region is susceptible to a great instability in the pluviometric behavior. The instability of the pluviometric behavior brings uncertainties about the unirrigated plantation, conducing the farmers to suffer great losses in the plantations. Considering such characteristics, through an agroclimatologic zoning, the identification of the suitable areas for planting and the determination of the probable time for the beginning of the Castor bean's plantation were done for the unirrigated regime, in the states of Pernambuco, Paraíba and Rio Grande do Norte. At each selected locality growing periods of castor beans are determined using averages and Markov chain probabilities of available soil moisture. Using these results, areas suitable for the plantation of castor beans are determined. The results showed an accentuated restriction of soil water availability to castor beans culture. It was verified that, for the levels of CAD considered and considering the altitude limitation to castor bean plantation, most of the state of Paraíba, doesn't present an adequate soil moisture condition to supply the needs of the castor beans in the whole critical period of its development cycle. Irrigation is necessary in most of the localities in the state except for the localities of Araruna and Alagoa Nova, at all levels of CAD and Olho d'água district at CAD<sub>150</sub>, CAD<sub>200</sub> and CAD<sub>250</sub> levels. The state of Pernambuco, presented more favorable conditions, to the cultivation of castor beans under unirrigated regime, in the "Agreste", an area that surrounds Cortês, Maraiá and Jucati districts, and a small area near Machados district at CAD<sub>100</sub>, CAD<sub>150</sub> and CAD<sub>200</sub> levels, at CAD<sub>250</sub>, there is a small area to the North of the "Sertão", surrounding São José do Belmonte and the "Agreste" excluding Caruaru district. In Rio Grande do Norte the production of the castor beans in unirrigated regime, for all the levels of

CAD, should be restricted to a small area in the Southwest of the state near São Miguel district and a small area near Coronel Ezequiel. The practice of the supplemental irrigation is essential for the viability of this activity in the other areas of the state.

**Key Words - Castor bean, agroclimatologic zoning, cultivation period, available water, climatic risk**

---



# ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	8
3. MATERIAIS E MÉTODOS .....	15
3.1. Conceitos utilizados .....	15
3.1.1. O estresse na planta .....	15
3.1.2. Veranico .....	20
3.1.3. Zoneamento agroclimatológico .....	20
3.1.4. Zoneamento Agro Climático .....	22
3.2. A Cultura da Mamona .....	25
3.2.1. Importância econômica .....	26
3.2.2. Tipo de Solo .....	28
3.2.3. Aptidões climáticas e fenologia .....	28
3.2.4. Ciclo vegetativo .....	30
3.2.5. Aplicações .....	32
3.3. Método .....	33
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	49
4.1. Resultados para o Estado da Paraíba .....	49
4.2. Resultados para o Estado de Pernambuco .....	56
4.3. Resultados para o Estado do Rio Grande do Norte .....	63
5. CONCLUSÕES .....	70
5.1. Sugestões para trabalhos futuros .....	73
6. REFERÊNCIAS .....	74
ANEXO 1 .....	83
Localidades que apresentaram aptidão para o cultivo da mamona. período mínimo de 12 decênios com $p(5w)$ para a paraíba, pernambuco e rio grande do norte .....	83
ANEXO 2 .....	88
Variação decencial de ad e $p(5w)$ para Paraíba .....	88
ANEXO 3 .....	137
Variação decencial de ad e $p(5w)$ para Pernambuco .....	137
ANEXO 4 .....	170
Variação decencial de ad e $p(5w)$ para Rio Grande do Norte .....	170



# LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Diagrama esquemático indicando a posição mais ao norte das frentes frias que influenciam as chuvas no Nordeste do Brasil e a nebulosidade associada a elas estendendo-se até oeste da Região Amazônica (FUNCEME, 2006).....	3
FIGURA 2 - Diagrama esquemático da nebulosidade associada aos Vórtices Ciclônicos de Ar Superior-VCAS (Fonte: Kousky e Gan, 1980, citado por FUNCEME, 2006).....	3
FIGURA 3 - Diagrama esquemático da nebulosidade associada às Linhas de Instabilidade: a)fevereiro a maio, b)agosto a novembro (FUNCEME, 2006).....	4
FIGURA 4 - Ventos alísios atuantes no leste da região Nordeste. ....	4
FIGURA 5 – Média climatológica das componentes do balanço hídrico para os meses de março e outubro.....	6
FIGURA 7 - Efeito do estresse ambiental na produtividade da planta. (Larcher, 1995) .....	19
FIGURA 8 - Distribuição das estações da Paraíba.....	36
FIGURA 9 - distribuição das estações de Pernambuco.....	37
FIGURA 10 - Distribuição das estações do Rio Grande do Norte.....	38
FIGURA 11 - Potencial agrícola – IBGE (2006).....	44
FIGURA 12 – Mesorregiões Paraíba.....	45
FIGURA 13 – Mesorregiões Pernambuco.....	46
FIGURA 14a – Mesorregiões do Rio Grande do Norte.....	47
FIGURA 14.b – Micro regiões Rio Grande do Norte.....	48
FIGURA 15 - Hipsometria da Paraíba.....	50
FIGURA 16 - Número de decêndios com água disponível superior a 50% da CAD <sub>100</sub> - Paraíba.....	50
FIGURA 17 - Número de decêndios com probabilidade de 5 dias úmidos consecutivos p(5w) - CAD <sub>100</sub> - Paraíba.....	51
FIGURA 18 - Número de decêndios com água disponível superior a 50% da CAD <sub>150</sub> - Paraíba.....	52
FIGURA 19 - Número de decêndios com probabilidade de 5 dias úmidos consecutivos p(5w) - CAD <sub>150</sub> - Paraíba.....	52
FIGURA 20 - Número de decêndios com água disponível superior a 50% da CAD <sub>200</sub> - Paraíba.....	53
FIGURA 21 - Número de decêndios com probabilidade de 5 dias úmidos consecutivos p(5w) - CAD <sub>200</sub> - Paraíba.....	54
FIGURA 22 - Número de decêndios com água disponível superior a 50% da CAD <sub>250</sub> - Paraíba.....	55
FIGURA 23 - Número de decêndios com probabilidade de 5 dias úmidos consecutivos p(5w) - CAD <sub>250</sub> - Paraíba.....	55
FIGURA 24 – Distribuição dos totais máximos de precipitação em 12 decêndios consecutivos e hipsometria – Paraíba.....	56
FIGURA 25 - Hipsometria Pernambuco.....	57
FIGURA 26 - Número de decêndios com água disponível superior a 50% da CAD <sub>100</sub> - Pernambuco.....	57
FIGURA 27 - Número de decêndios com probabilidade de 5 dias úmidos consecutivos p(5w) - CAD <sub>100</sub> - Pernambuco.....	58
FIGURA 28 - Número de decêndios com água disponível superior a 50% da CAD <sub>150</sub> - Pernambuco.....	59
FIGURA 29 - Número de decêndios com probabilidade de 5 dias úmidos consecutivos p(5w) - CAD <sub>150</sub> - Pernambuco.....	59

FIGURA 30 - Número de decêndios com água disponível superior a 50% da CAD <sub>200</sub> - Pernambuco.....	60
FIGURA 31 - Número de decêndios com probabilidade de 5 dias úmidos consecutivos p(5w) - CAD <sub>200</sub> - Pernambuco .....	61
FIGURA 32 - Número de decêndios com água disponível superior a 50% da CAD <sub>250</sub> - Pernambuco.....	62
FIGURA 33 - Número de decêndios com probabilidade de 5 dias úmidos consecutivos p(5w) - CAD <sub>250</sub> - Pernambuco .....	62
FIGURA 34 – Distribuição dos totais máximos de precipitação em 12 decêndios consecutivos e hipsometria – Pernambuco .....	63
FIGURA 35 – Hipsometria do Rio Grande do Norte.....	63
FIGURA 36 - Número de decêndios com água disponível superior a 50% da CAD <sub>100</sub> – Rio Grande do Norte.....	64
FIGURA 37 - Número de decêndios com probabilidade de 5 dias úmidos consecutivos p(5w) - CAD <sub>100</sub> - Rio Grande do Norte .....	65
FIGURA 38 - Número de decêndios com água disponível superior a 50% da CAD <sub>150</sub> – Rio Grande do Norte.....	66
FIGURA 39 - Número de decêndios com probabilidade de 5 dias úmidos consecutivos p(5w) - CAD <sub>150</sub> - Rio Grande do Norte .....	66
FIGURA 40 - Número de decêndios com água disponível superior a 50% da CAD <sub>200</sub> – Rio Grande do Norte.....	67
FIGURA 41 - Número de decêndios com probabilidade de 5 dias úmidos consecutivos p(5w) - CAD <sub>200</sub> - Rio Grande do Norte .....	67
FIGURA 42 - Número de decêndios com água disponível superior a 50% da CAD <sub>250</sub> – Rio Grande do Norte.....	68
FIGURA 43 - Número de decêndios com probabilidade de 5 dias úmidos consecutivos p(5w) - CAD <sub>250</sub> - Rio Grande do Norte .....	68
FIGURA 44 – Distribuição dos totais máximos de precipitação em 12 decêndios consecutivos e hipsometria – Rio Grande do Norte.....	69
FIGURA 45 – Resultado de Zoneamento segundo Bristot et al, 2004.....	70

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparativo de Área, produção e Rendimento médio da cultura da mamoneira para os anos de 2005 e 2006, no Brasil. ....	8
Tabela 2 – Função da água nas plantas.....	17
Tabela 3 – Classificação da Mamona.....	25
Tabela 4 - Área plantada e colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção de Mamona, segundo as Grandes Regiões e as Unidades da Federação - Brasil - 2005 .....	27
Tabela 5 - Número de postos meteorológicos utilizados para obtenção dos dados em cada Estado. ....	34
Tabela 6 – Relação dos postos selecionados no Estado da Paraíba. ....	34
Tabela 7 – Relação dos postos selecionados no Estado de Pernambuco.....	36
Tabela 8 – Relação dos postos selecionados no Estado do Rio Grande do Norte. ....	37
Tabela 9 – Efeito da data de plantio no rendimento da mamoneira. ....	49
Tabela 1.1 – Relação do início, termino e duração de P(5W) para a Paraíba – (CAD <sub>100</sub> ) .....	84
Tabela 1.2 – Relação do início, termino e duração de P(5W) para a Paraíba (CAD <sub>150</sub> ) .....	84
Tabela 1.3 – Relação do início, termino e duração de P(5W) para a Paraíba (CAD <sub>200</sub> ) .....	84
Tabela 1.4 – Relação do início, termino e duração de P(5W) para a Paraíba (CAD <sub>250</sub> ) .....	85
Tabela 1.5 – Relação do início, termino e duração de P(5W) para Pernambuco (CAD <sub>100</sub> ) .....	85
Tabela 1.6 – Relação do início, termino e duração de P(5W) para Pernambuco (CAD <sub>150</sub> ) .....	85
Tabela 1.7 – Relação do início, termino e duração de P(5W) para Pernambuco (CAD <sub>200</sub> ) .....	86
Tabela 1.8 – Relação do início, termino e duração de P(5W) para Pernambuco (CAD <sub>250</sub> ) .....	86
Tabela 1.9 – Relação do início, termino e duração de P(5W) para Rio Grande do Norte (CAD <sub>100</sub> ) .....	86
Tabela 1.10 – Relação do início, termino e duração de P(5W) para Rio Grande do Norte (CAD <sub>150</sub> ) .....	86
Tabela 1.11 – Relação do início, termino e duração de P(5W) para Rio Grande do Norte (CAD <sub>200</sub> ) .....	87
Tabela 1.12 – Relação do início, termino e duração de P(5W) para Rio Grande do Norte (CAD <sub>250</sub> ) .....	87

# 1. INTRODUÇÃO

“Trabalhar a terra!” Desde o princípio da humanidade o homem tira da terra o seu sustento diário; a agricultura surgiu como fator determinante para a fixação do homem em um lugar (Paternianni, 2001). A agricultura move as sociedades, os países, movimentando mercados, determina economias. A partir desta fixação, todos os elementos que envolviam o homem passaram a se modernizar para tornar a vida das comunidades cada dia mais fácil. Começaram a ser geradas tecnologias para a produção de alimentos, roupas, medicamentos e tantos outros produtos, destinados a suprir as necessidades e os anseios do homem. Com o crescimento populacional acontecendo num ritmo exponencial, surge a necessidade da modernização de técnicas de produção, para suprir as crescentes demandas mundiais da população. Novas tecnologias objetivam a diminuição de custo, otimização do uso dos recursos naturais, como solo e, principalmente, a água, existindo hoje uma preocupação mundial com a progressiva escassez destes recursos (UMA, 2006), e com o aumento da produção agrícola para atender o mercado mundial.

Em todo o mundo, novas tecnologias são aplicadas ao cultivo de produtos agrícolas, destacando-se dentre elas: as regas monitoradas por sistemas de sensores ligados a computadores, que suprem a planta com a quantidade ideal de água durante todo o seu ciclo vegetativo; monitoramentos por satélites são também usados para previsões das mudanças no tempo, planejamento de plantio, identificação de regiões aptas para cultivo, etc. Hoje, plantações são efetuadas em áreas desérticas, onde nunca antes se imaginaria que a terra produzisse (ADASR, 2006).

Contrastante com todo o avanço conseguido em nível mundial, pode-se também observar, localmente, em pequenas comunidades, ou em países menos favorecidos economicamente, uma situação totalmente oposta a esta tendência de progresso: lavouras são plantadas em pequenas propriedades, sem qualquer tecnologia moderna, dependendo, exclusivamente, dos recursos naturais, como terras férteis e estações chuvosas para o plantio.

O Brasil é um país bastante diversificado em matéria de distribuição de riquezas, educação e cultura, condições climáticas e tantos outros aspectos sociais, econômicos e naturais que divergem de região para região. Na agricultura encontra-se desde o mais completo aparato tecnológico, como irrigações monitoradas, até

condições rudes e precárias de plantio, onde são desperdiçados os recursos naturais de maneira indiscriminada, ou mesmo, onde a produção é grandemente afetada pela falta deles.

O zoneamento agroclimatológico, com a identificação de áreas adequadas para o cultivo de uma espécie, de acordo com a aptidão climática da região, é uma metodologia amplamente aplicada na identificação da época de plantio/semeadura para diversos tipos de culturas.

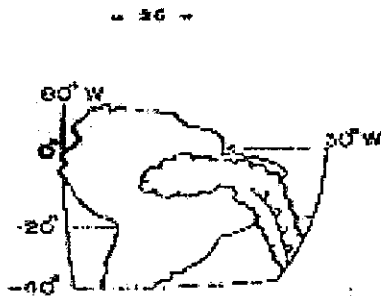
Nos Estados do Nordeste, o regime térmico é quase estável, com temperaturas elevadas na maior parte do ano, com médias anuais entre 20 e 28°C, o que faz recair a preocupação do agricultor de sequeiro da região Nordeste, exclusivamente, na distribuição anual de precipitação da região.

Em condições de agricultura de sequeiro, a chuva é fator primordial para o bom rendimento da cultura. Geralmente, o pequeno agricultor depende da chuva para o sucesso de sua lavoura e, mais especificamente, depende da quantidade de água disponível no solo para a planta (Weid et al., 2006). Pois as características do solo e os fatores climáticos, antecedentes à chuva, determinam, por exemplo, se a precipitação que ocorre na região será escoada e/ou evaporada, podendo ser, ou não, suficiente para proporcionar a situação de umidade no solo necessária para a planta (Soares, 2005).

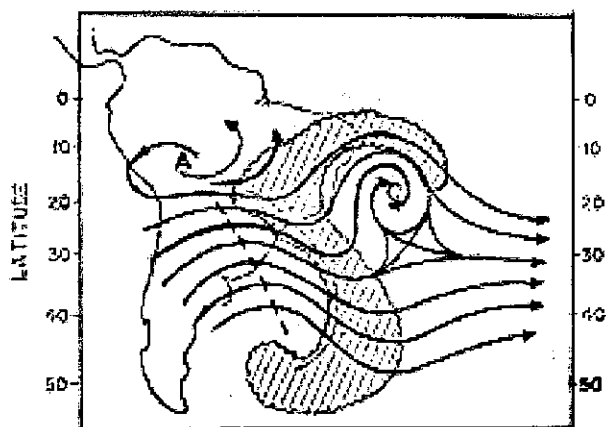
Uma outra dificuldade que o agricultor de sequeiro encontra é a falta de orientação em como fazer uma racionalização adequada do uso dos recursos hídricos durante o ciclo da cultura, face ao comportamento climático da região. Muitas vezes, os recursos hídricos são escassos, não devendo ser desperdiçados através de regas demasiadas, até mesmo porque a planta, submetida à quantidade de água maior do que a capacidade de retenção pelo solo, pode entrar em processo de estresse anoxítico (falta de oxigênio), prejudicando, assim, o seu crescimento e desenvolvimento.

Os riscos da produção, associados à irregularidade dos fatores climáticos da região, trazem insegurança para o agricultor, principalmente na escolha da melhor época de semeadura e plantio. A ocorrência de veranicos (ocorrência de dias secos seguidos na estação chuvosa – Carvalho et al., 1999), durante as fases fenológicas críticas da cultura (períodos com maior necessidade de água), pode acarretar perdas significativas na produção.

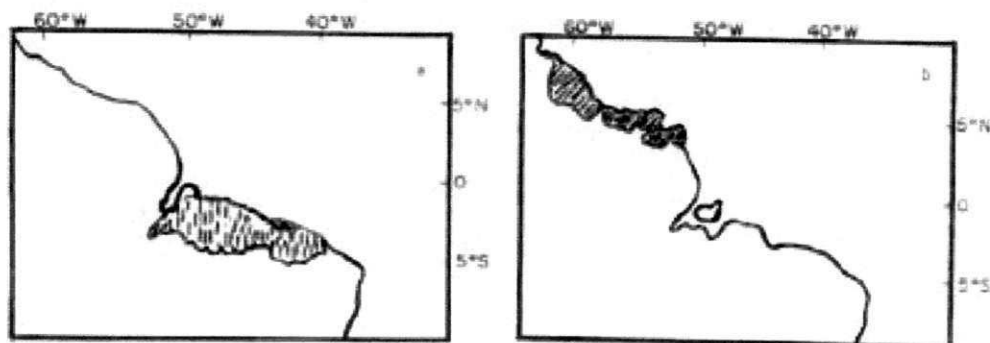
O Nordeste é uma região particularmente complexa em termos dos sistemas atmosféricos nela atuantes, com a ocorrência de quatro sistemas majoritários: frentes polares que atingem a região pelo Sul, ITCZ atuante pelo Norte, correntes de Leste e as correntes de Oeste (FUNCEME, 2006) (Figuras 1 a 4).



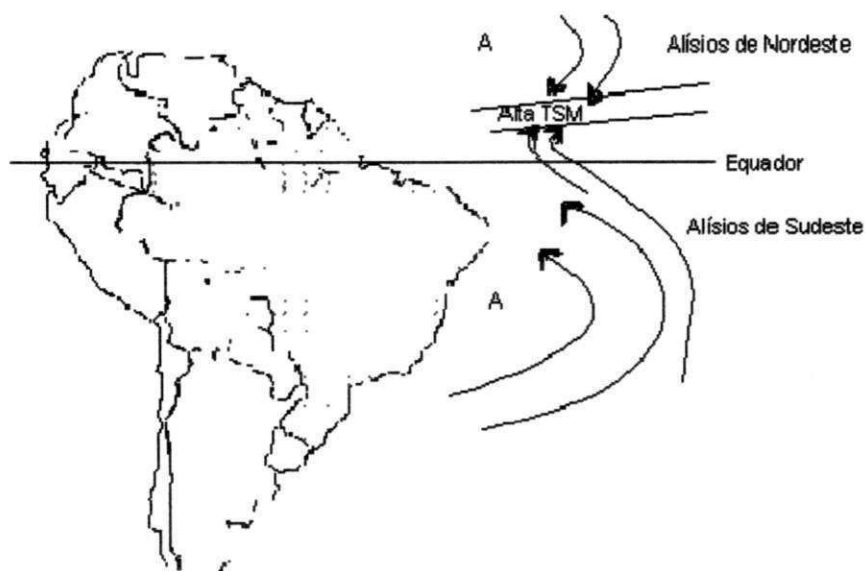
**FIGURA 1 - Diagrama esquemático indicando a posição mais ao norte das frentes frias que influenciam as chuvas no Nordeste do Brasil e a nebulosidade associada a elas estendendo-se até oeste da Região Amazônica (FUNCEME, 2006)**



**FIGURA 2 - Diagrama esquemático da nebulosidade associada aos Vórtices Ciclônicos de Ar Superior-VCAS (Fonte: Kousky e Gan, 1980, citado por FUNCEME, 2006)**



**FIGURA 3 - Diagrama esquemático da nebulosidade associada às Linhas de Instabilidade: a) fevereiro a maio, b) agosto a novembro (FUNCEME, 2006)**



**FIGURA 4 - Ventos alísios atuantes no leste da região Nordeste.**

O regime de precipitação do Nordeste é bastante variável e fonte de preocupação, seus totais anuais variam de 2.000 mm até valores inferiores a 400 mm. De forma geral, a precipitação média anual na Região Nordeste é inferior a 800 mm, além disso, no Sertão da região, o período chuvoso é, normalmente, de apenas dois a três meses por ano, podendo, em alguns anos até não existir, o que ocasiona as denominadas secas regionais. Na Figura 5 consta a distribuição da precipitação pluviométrica no Nordeste, nos meses de março e outubro. Pode-se observar a variação da distribuição da precipitação total para um mês úmido e outro seco. A quantidade de água armazenada no solo, durante o mês de outubro, é superior à do

mês de março, aliada a uma maior precipitação e baixa evapotranspiração no período. Essa situação não corresponde, fielmente, ao comportamento das várias sub-regiões nordestinas, pelo fato de que a estação chuvosa está distribuída em meses diversos, ocorrendo, por exemplo, na Paraíba exatamente nos meses de março a junho.

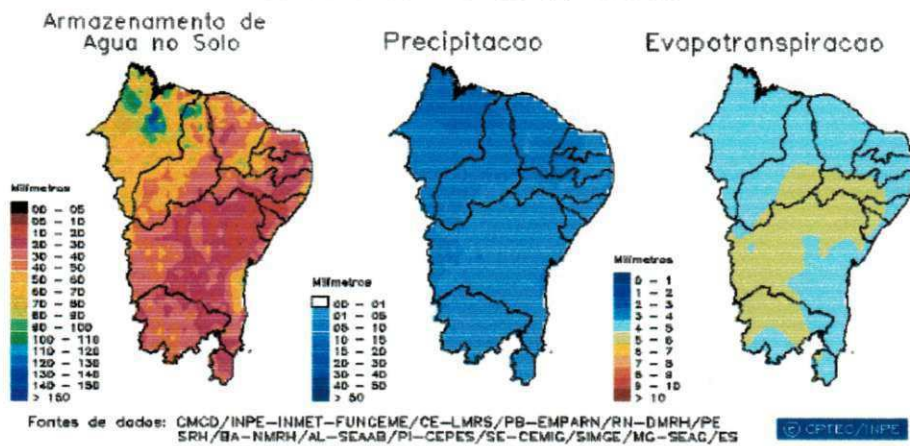
Devido à diversidade dos sistemas atuantes na região, há incertezas do tipo: "Quando plantar?" "Onde plantar?" e "Quando e como irrigar?".

Diante desse quadro, a gestão dos recursos hídricos é de extrema importância para o agricultor nordestino, por lhe possibilitar conhecer, antecipadamente, quando haverá condições climáticas favoráveis para um bom desempenho de sua cultura; são necessárias, para isso, informações sobre a estação chuvosa e as condições de umidade do solo em cada período do ano, que podem ser levantadas através de zoneamentos agroclimatológicos. Segundo Kumar et al (2003), os zoneamentos elaborados com informações de umidade do solo têm uma resposta muito mais precisa do que aqueles que usualmente utilizam apenas dados de precipitação. Junta-se a este, o fato de que, mesmo sendo possível a determinação da umidade do solo através da instalação de tensiômetros, prática que tem se tornado mais freqüente, atualmente, esta é ainda uma tecnologia não economicamente acessível a pequenos produtores.

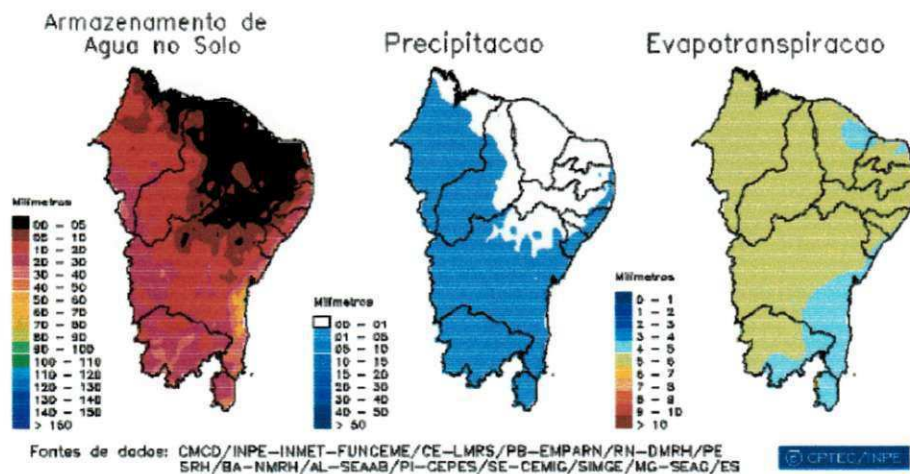
O zoneamento agroclimatológico, hoje, é a ferramenta principal para a viabilização do crédito rural para o agricultor junto ao PROAGRO – Programa de Garantia da Atividade Agropecuária, do Ministério da Agricultura, que condiciona a liberação do crédito para os agricultores mediante apresentação, por parte deste, do zoneamento da mesma, para a região e cultura especificada. (Rossetti, 2001).



SUDENE - CPTEC - INPE  
 Média Climatológica das Componentes  
 do Balanço Hídrico em Março



SUDENE - CPTEC - INPE  
 Média Climatológica das Componentes  
 do Balanço Hídrico em Outubro



**FIGURA 5 – Média climatológica das componentes do balanço hídrico para os meses de março e outubro.**

Dentro da situação de semi-aridez presente na maior parte da região Nordeste, a cultura da mamoneira pode ser uma alternativa econômica, viável por

sua resistência à seca, característica que contribuiria para a fixação do homem nordestino ao campo, gerando emprego e renda no meio rural e indiretamente no meio urbano, tornando-se, então, uma importante atividade socioeconômica para o nordestino.

Atualmente, a mamoneira é uma cultura difundida mundialmente. Devido à potencialidade industrial de seus derivados, principalmente seu óleo que serve para a produção de combustíveis e lubrificantes, a comercialização da mamona e seus derivados está em alta no comércio internacional.

Segundo Azevedo & Lima (2001), a mamoneira é uma planta totalmente aproveitada do ponto de vista agropecuário e industrial. Seu óleo é tido como um dos mais versáteis da natureza, de utilidade só comparável ao petróleo, com a vantagem de ser um produto renovável, degradável e barato. Hoje, a ricinoquímica é responsável pela produção de mais de quatrocentos subprodutos derivados desse óleo, incluindo medicamentos, tintas, vernizes, fungicidas, óleo diesel, lentes de contato, lubrificantes, aditivos para tanques de combustível de aeronaves, filtros hospitalares, próteses ósseas, cosméticos, entre outros. Somado a tais utilizações, destaca-se também o uso da torta de mamona como fertilizante para o solo.

Por sua característica de resistir bem a períodos secos, a mamoneira é uma cultura perfeitamente adaptável ao clima do Nordeste. De acordo com Seara (1989), a mamoneira necessita de chuvas regulares durante a fase vegetativa e de períodos secos na maturação dos frutos.

Sua maior exigência de água no solo ocorre no início de sua fase vegetativa, produzindo com viabilidade econômica, em áreas onde a precipitação mínima, até o início da floração esteja entre 400 e 500 mm (Bahia, 1995 e Távora, 1982, citados por Azevedo & Lima, 2001) Sendo observado por Azevedo et al. (1997), citados por Azevedo & Lima (2001), um desenvolvimento satisfatório da lavoura, com precipitações de 215 e 270 mm nos primeiros setenta dias após a germinação.

Segundo Azevedo & Lima (2001), a ausência ou o excesso de chuvas no período da floração podem reduzir a produtividade da planta. E ocorre uma redução drástica de rendimento devido ao plantio tardio, podendo chegar até a 85% de redução em alguns casos (Weiss, 1983, citado por Azevedo & Lima, 2001).

Na Tabela 1, pode-se observar a redução anual no rendimento médio da produção da mamona (kg/ha) ocorrido no primeiro semestre do ano de 2006, em

comparação com o mesmo período do ano de 2005. Pode-se notar uma redução na safra de 2005 para 2006, indicando assim, a necessidade do estudo agroclimático para a cultura da mamoneira no Brasil, objetivando a redução de perdas em produção devido às adversidades climáticas.

**Tabela 1 – Comparativo de Área, produção e Rendimento médio da cultura da mamoneira para os anos de 2005 e 2006, no Brasil.**

Produto Agrícola	Área (ha)			Produção (t)			Rendimento médio (t/ha)		
	Safra	Safra	Var	Safra	Safra	Var	Safra	Safra	Var
	2005	2006	(%)	2005	2006	(%)	2005	2006	(%)
Mamona	223.589	153.656	-31,3	161.468	110.250	-31,7	722	718	-0,6

FONTE: Grupo de Coordenação de Estatísticas Agropecuárias - GCEA/IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária, Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, mai/2006.

NOTA: Para as Unidades da Federação, que por força do calendário agrícola, ainda não dispõem das estimativas iniciais, os dados correspondem a uma projeção obtida a partir das informações de anos anteriores.

O presente estudo objetivou a elaboração de um zoneamento agro - climatológico da mamoneira para os Estados de Pernambuco, Rio Grande do Norte e Paraíba. Tendo como objetivos específicos: a determinação dos períodos com disponibilidade hídrica no solo; baseado no cálculo da disponibilidade de água do solo, aplicada aos Estados da Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte, para oferecer informação para uma melhor utilização da área plantada e redução do risco de perdas por adversidades climáticas.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O zoneamento agroclimatológico, em termos gerais, pode ser definido como o mapeamento de uma região em função de suas características climáticas e de solo, tendo em vista as necessidades fisiológicas de uma determinada cultura. No Nordeste, devido à pequena variabilidade nas condições médias de temperatura, a quantidade disponível de água no solo se torna o objeto de maior importância na elaboração de um zoneamento agroclimatológico.

A investigação do conteúdo de água necessária e, ou disponível para a planta, seguiu um caminho evolutivo durante vários anos, dando seu primeiro grande passo com os estudos climáticos realizados por Thornthwaite (1948), o qual mostrou

que a evapotranspiração tem dois aspectos, real e potencial, com distinto papel no balanço hídrico do solo.

Posteriormente, a metodologia criada por Thornthwaite & Mather (1955, 1957) serviu como modelo para vários trabalhos de zoneamentos agroclimáticos e determinação de época de plantio. Reis (1970), utilizando-se da classificação climática de Thornthwaite & Mather, dividiu o Estado de Pernambuco em cinco regiões e 16 sub-regiões climaticamente homogêneas, propondo zoneamentos agroclimáticos para as culturas de milho, mandioca, feijão, algodão herbáceo e algodão arbóreo.

Hargreaves et al. (1985) utilizaram dados de precipitação, temperatura e radiação de 40 localidades da Índia para o cálculo do índice de disponibilidade hídrica (IDH), definido como a razão entre a precipitação confiável ou probabilidade de excedência da precipitação e a evapotranspiração potencial ETP, para o uso no planejamento agrícola. Os autores assumiram que toda a precipitação se infiltra no perfil do solo, ficando disponível para o uso da planta. Calcularam a precipitação confiável (ao nível de 75% de probabilidade) e a evapotranspiração potencial (calculada com base na temperatura e radiação), para então calcular o IDH. A precipitação foi estudada em períodos de cinco dias e as probabilidades de ocorrência de chuvas e de períodos de retorno, nestes intervalos, foram obtidas utilizando a função gama e o método de ranking, em ordem ascendente. De posse desses valores, os autores fizeram uma análise das condições de cultivo da região, com base em informação de tipo de solo, plantações, fertilizantes usados e características fisiológicas das plantas. Com os resultados conseguidos, estabeleceram um zoneamento climático das áreas para produção agrícola na Índia, com determinações de períodos propícios ao plantio, das regiões e culturas mais adequadas para uso.

Também, utilizando dados diários de precipitação para obter dados diários de umidade do solo para um grande período de registro, Robertson (1988, 1989) apresentou um método para identificar a época de plantio, em localidades de diferentes países na Ásia. O método baseia-se no uso de dados de evapotranspiração potencial, propriedades físicas de solo, além de cálculos das probabilidades de dias úmidos e secos, e séries de cinco dias úmidos consecutivos desde o início, duração e término do período chuvoso.

Um outro resultado conseguido para disponibilidade de água no solo, baseado em valores de evapotranspiração potencial calculados pelo método de Thornthwaite & Mather, foram conseguidos por Lacerda et al. (1990), que através do balanço hídrico de Thornthwaite & Mather modificado, aplicado a séries temporais de temperatura, e utilizando dados de precipitação, com registros contínuos de pelo menos 25 anos, analisaram comportamentos da umidade do solo e identificaram o potencial de água requerido em projetos de irrigação, para duas localidades do Estado da Paraíba. Mais tarde, Lacerda et al. (1992) fizeram uma análise da precipitação média mensal e dos totais acumulados para um período de 39 anos, em Itambé – PE, para aplicação no planejamento agrícola; trabalharam com o excedente hídrico e o déficit hídrico calculados pela diferença entre a precipitação e a evaporação.

Kumar et al. (1999) aplicaram um modelo desenvolvido por Mintz e Serafini (1984) para calcular valores mensais médios de umidade disponível no solo, em vinte e cinco estações de diferentes partes do Estado da Paraíba. De posse dos resultados, analisaram a distribuição espacial da umidade disponível no Estado, para avaliar a incidência de secas nas estações pluviométricas selecionadas e verificaram existir diferença entre a variação anual da chuva e a umidade do solo disponível. Detectaram um espaço de tempo de um mês entre o pico máximo de precipitação e o pico máximo de umidade do solo, disponível na maioria das estações, podendo chegar a até quatro meses na minoria delas. Também identificaram que, dependendo da época do ano, períodos de dias sem chuvas não provocam secas nas mesmas proporções. Foram identificados locais onde 35 dias sem chuvas, em julho ou agosto (Umbuzeiro, por exemplo), não provocam a seca agrônômica, enquanto que apenas 15 dias em abril para a mesma localidade, diminui o índice de umidade a valores críticos.

Alfonsi et al. (1989a) obtiveram, para todas as localidades do Estado de São Paulo, níveis de probabilidade de ocorrência de decêndios secos e nível de deficiência hídrica e armazenamento de água no solo, durante um ano. Ainda, Alfonsi et al. (1989b), utilizando séries de precipitação pluvial de 30 anos, caracterizaram a disponibilidade hídrica do Estado, em nível decendial. As demandas hídricas para as culturas de soja, milho e arroz sequeiro foram estimadas como o produto da evapotranspiração potencial pelos respectivos coeficientes de cultura para cada estágio de desenvolvimento.

Reddy & Amorim neto (1984) verificaram que a evapotranspiração potencial tem alta correlação com a precipitação, nos meses de verão, e com a latitude, durante os meses de inverno, confirmando sua forte relação com o comportamento anual da temperatura no país.

Os estudos feitos para identificação da disponibilidade de água numa região, têm se ramificado através de várias teorias como, por exemplo, a de Millar (1978), ao propor que a evaporação do solo e a transpiração do cultivo devem ser determinadas, separadamente, para um bom entendimento do balanço hídrico e da eficácia do uso da água.

Alguns modelos simples de umidade tratam o solo como uma única camada homogênea (Holmes & Robertson, 1959), no qual a evapotranspiração real, enquanto há disponibilidade de umidade, é considerada igual à evapotranspiração potencial, e toda a precipitação torna-se infiltração, sendo desprezíveis as outras interações da água subterrânea. Já o modelo versátil de Baier & Robertson (1966) considera o solo dividido em camadas diferentes, onde a quantidade de água disponível, em cada camada, é dada pela diferença entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente. No modelo, a evapotranspiração pode ocorrer, simultaneamente, em cada camada, dependendo da umidade presente, da distribuição dos solos e das raízes das plantas. Esses fatores são representados por coeficientes e o modelo considera, também, o fluxo entre as camadas, ou seja, a infiltração.

Muitos zoneamentos têm o objetivo de identificar regiões pluviometricamente homogêneas sem, portanto, se preocuparem com a evapotranspiração; são usados em aplicações, onde a distribuição das chuvas é o objeto de maior interesse. Tais estudos utilizam ferramentas de estatísticas para o cálculo de probabilidades de chuva.

Seguindo este critério, Bastos & Azevedo (1986) identificaram, no Estado da Paraíba, cinco regiões e doze sub-regiões pluviométricamente homogêneas, com base em dados de precipitação média semanal de 72 postos pluviométricos do Estado, no período de 1913 - 1978. Os regimes foram determinados de acordo com quatro critérios: I - semelhança no comportamento das curvas de distribuição da precipitação; II - valor da média anual e desvio padrão; III - coincidência de semanas e trimestres mais chuvosos, durante o ano, e duração das estações chuvosa e úmida. Os cinco regimes identificados foram: regime 1 - estações litorâneas e de

transição entre o Litoral e o Agreste; regime 2 - estações do Brejo, de regiões de serra e da região do Agreste localizados nas vizinhanças do Planalto da Borborema; regime 3 - estações localizadas nas regiões mais secas do Curimataú e do Cariri; regime 4 - estações mais úmidas do Cariri e Curimataú e de transição entre o Cariri e o Sertão; regime 5 - delimitado pelas estações do Sertão. Lall et al. (1996) calcularam as probabilidades do comprimento de dias secos ou úmidos e de totais de precipitações, estimadas não parametricamente, usando dados do local e estimadores de densidade de probabilidade de kernel. Desenvolveram um modelo não paramétrico, com base em seqüências alternadas de dias secos e úmidos, numa dada estação do ano, com o objetivo de testar a precipitação diária de um determinado local.

Também para a Paraíba, Jaccon (1982) trabalhando com o método de vetor regional, em conjunto com três parâmetros característicos e o traçado das isoetas das séries de precipitação média anual de 280 postos pluviométricos do Estado, efetuou uma análise regional de homogeneidade. Verificou a existência de três sub-regiões homogêneas no Estado, a região litorânea, caracterizada por um alto gradiente pluviométrico, a região central, com forte variação interanual, e a região ocidental de situação mais homogênea. Ainda na Paraíba, Azevedo & Maciel (1993) estabeleceram a estação de cultivo e época de semeadura para o algodão herbáceo na região de Souza, utilizando metodologias distintas para cada tipo de cultivo do algodão: O índice acumulado de crescimento (IAC) para cultivos irrigados e o déficit potencial de água (DPA) para cultivos de sequeiro.

Uma regionalização pluviométrica do Estado da Paraíba foi realizada por Silva & Rao (1994), utilizando o coeficiente de assimetria de Pearson na identificação de seis regiões homogêneas, correspondentes ao Sertão, Cariri, uma faixa anexa ao Agreste, Agreste, Brejo e Litoral; e concluíram que o coeficiente usado foi satisfatório para expressar a forma de distribuição intra-anual, quando aplicado a médias pluviométricas anuais, e o plano A (coeficiente de assimetria) x MA (médias anuais das precipitações) traduz uma boa regionalização da região.

Murthy (1973) trabalhou com dados de quatro localidades da Índia, para determinar a disponibilidade de água para as culturas típicas desses locais. Para a determinação do índice de disponibilidade d'água, como a razão entre a evapotranspiração real (E) e a evapotranspiração potencial (Eo), usou dados semanais de chuva e evapotranspiração potencial, conseguidos através da

interpolação dos valores médios mensais. De posse dos resultados obtidos pelo índice hídrico, o autor fez um estudo para identificar os períodos coincidentes de disponibilidade d'água com as fases de crescimento das principais culturas da região.

Um modelo que considera o cálculo da água disponível no solo foi usado por Kumar et al. (1997). O "Versatile Soil Moisture Budget" com seis camadas do solo, foi usado para o estudo das condições de umidade do solo cultivado, sendo aplicado para a cultura de milho em Campina Grande, PB.

Usando a metodologia do balanço hídrico de Thornthwaite & Mather, aliada as várias informações sobre as necessidades climáticas da videira européia, Teixeira & Azevedo (1994) estabeleceram o grau de aptidão climática das diferentes regiões do Estado de Pernambuco para seu cultivo irrigado.

Para a região Nordeste do Brasil, Beltrão (1999) estudou a melhor época de plantio para a mamoneira onde o período chuvoso tivesse o maior aproveitamento possível e a colheita fosse realizada num período de estiagem. Identificaram assim, 9 municípios no Estado de Alagoas, 189 na Bahia, 74 no Ceará, 12 no Maranhão, 48 na Paraíba, 47 em Pernambuco, 42 no Piauí, 28 no Rio Grande do Norte e 3 em Sergipe com aptidão para o cultivo adequado da cultura.

Neto et al (2001) trabalhando com o zoneamento agroecológico da mamona, baseado na identificação das regiões que apresentassem condições apropriadas de solo, altitude e precipitação para o cultivo da mamoneira, constatou que a grande maioria dos municípios do Estado da Paraíba, não se adequam ao cultivo da mamoneira, tendo como fatores limitantes a altitude no litoral, agreste e sertão do Estado e a escassês de chuvas no Seridó, Curimataú e Cariri. Consideraram aptos os municípios com média pluviométrica anual entre 500 e 800 mm e altitude na faixa de 300 a 1500 m. Definiram a melhor época de plantio como aquela que inicia o período chuvoso que se estenda por todo o ciclo vegetativo crítico da mamoneira, que se dá da germinação até a frutificação.

A cultura da mamona também foi vislumbrada no zoneamento agroclimatológico feito pela EMBRAPA para os seguintes Estados: Piauí, Paraíba, Ceará, Alagoas, Bahia e Pernambuco (Silva et al., 2004). A identificação de regiões aptas ao cultivo e identificação da época de semeadura foi segundo a aplicação de um modelo matemático francês: SARRAZON que calcula um índice de satisfação das necessidades de água (ISNA), que consiste de um balanço hídrico baseado em parâmetros como, coeficiente da cultura, evapotranspiração potencial, profundidade radicular e capacidade de água



disponível. O período de 100 dias foi considerado crítico para a necessidade de água. Identificaram para cada região a época ideal de semeadura. Também utilizando o mesmo modelo matemático, Maluf et al. (2001), elaborou o zoneamento de riscos climáticos para a cultura do milho no Rio Grande do Sul, identificando no Estado as áreas com menor risco climático para a cultura em diversas épocas de semeadura.

O Estado do Rio Grande do Norte foi zoneado, por Bristot et al. (2004) segundo a aptidão para a cultura da mamoneira. A metodologia aplicada é baseada no levantamento de parâmetros de precipitação média anual acima de 500 mm distribuídos em quatro meses, segundo indicação de Amorim Neto et al., 1999 (citado por Bristot et al., 2004), relevo com altitudes entre 300 e 1500 m e temperatura entre 20 a 30°C. O resultado deste zoneamento identificou uma pequena área no Estado, na região serrana, onde é possível o cultivo da mamona em sequeiro.

Finalmente, um outro fator primordial para o insucesso de uma cultura, em cultivo de sequeiro, é a ocorrência dentro de um período chuvoso, de uma lacuna de dias sem chuva, ou seja, a presença de veranicos; que coincidindo com um período crítico da fase de desenvolvimento da cultura pode trazer danos irreversíveis à produção. Vários estudos também têm sido feitos para a identificação da probabilidade de ocorrência de tal fenômeno, todos com o objetivo de minimizar os riscos para as culturas.

Carvalho et al. (1999) estimaram a ocorrência de veranicos no período de novembro a fevereiro nos municípios de Seropédica, Vassouras e Piraí (RJ), verificando as suas influências no rendimento da cultura do feijão. Observaram que 20% das perdas de floração estão associadas a veranicos de 7 dias, com probabilidade de ocorrência de 20%, 25,6% e 11,8% para Seropédica, Vassouras e Piraí, respectivamente. A partir de tais resultados, aconselham a irrigação principalmente nas fases de floração da cultura do feijão. Para o estudo, os autores consideraram como seco o dia em que a precipitação pluviométrica foi inferior à evapotranspiração de referência diária média (ET<sub>o</sub>) do mês correspondente, calculada pelo método de Hargreaves.

Na Áustria, Formayer et al. (2003) estudaram a ocorrência de veranicos e constataram que as abordagens usuais que definem veranicos como períodos sem precipitação, não são muito eficazes para o estudo de seus efeitos na vegetação. Afirmam que o mais apropriado para tal aplicação é o método de “evapotranspiração potencial”, por sua estreita relação com a transpiração da vegetação. Esses autores

citam que o maior problema encontrado para a aplicação do método são as lacunas de dados meteorológicos, necessários para o cálculo da evapotranspiração através da abordagem de Penman–Monteith. Estimaram a evapotranspiração potencial através do cálculo da soma do déficit de vapor d'água diário, por ser altamente correlacionada com os valores de evapotranspiração potencial, calculadas pelo método de Penman-Monteith. Encontraram um coeficiente de regressão de 0,8, trabalhando com dados de quatro estações, em diferentes altitudes da Áustria, com 5 anos de registros cada (apenas para período de atividade vegetativa – maio a outubro). Para o cálculo dos veranicos na Áustria, usaram dados de 180 estações com longas séries de registros; calcularam para cada dia do período, o valor da evapotranspiração potencial diária, obtendo, em seguida, a diferença entre a precipitação e a evapotranspiração potencial. Concluíram, que os resultados conseguidos podem ser usados para aplicações em florestas, considerando ser um dia seco aquele em que a diferença encontrada for maior que zero e a precipitação menor que 2 mm. Posteriormente, as diferenças seqüenciais dos dias considerados secos foram somadas e, sempre que um dado limite foi excedido, um veranico desta vegetação foi contado e o cálculo da soma iniciado de novo. Os veranicos foram calculados para os limites de 20, 40, 60, 80 e 100 mm.

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1. Conceitos utilizados**

##### **3.1.1. O estresse na planta**

Segundo sua definição o “estresse” é considerado como a soma das perturbações orgânicas provocadas por diversos agentes agressores (Bueno, 1992). Larcher (1995) declara que a maioria das definições consideram estresse como sendo “um desvio significativo de uma condição ideal para a vida, que provoca mudanças e respostas em todos os níveis de funções do organismo envolvido e que, pode primeiramente ser reversível, ou se tornar permanente”.

Numa planta, mesmo que o evento estressante seja temporário, a vitalidade do vegetal se torna frágil durante sua ocorrência. Quando o limite de habilidade da planta em se ajustar às perturbações é alcançado, o dano latente se desenvolve em

uma doença crônica ou num dano irreversível. Dependendo da fase de desenvolvimento em que se encontra e da duração do evento estressante, a planta pode sofrer diferentes tipos de prejuízos, restringindo, muitas vezes, suas chances de se desenvolver e sobreviver.

Cada órgão de uma planta, submetida a um estresse, é afetado, mesmo que apenas uma parte limitada do vegetal tenha sido inicialmente envolvida. Por exemplo, um distúrbio provocado na área das raízes, causado por deficiência de água, provoca ajustamentos na distribuição de assimilados, na taxa de crescimento das raízes, provendo uma floração prematura e queda das folhas. Larcher (1995) diz que de acordo com o conceito dinâmico do tema, um organismo sob estresse passa por uma sucessão de fases características que vão desde um simples alarme até um dano crônico e irreversível. Na Figura 6 está ilustrada graficamente a resposta da planta submetida a um estresse.

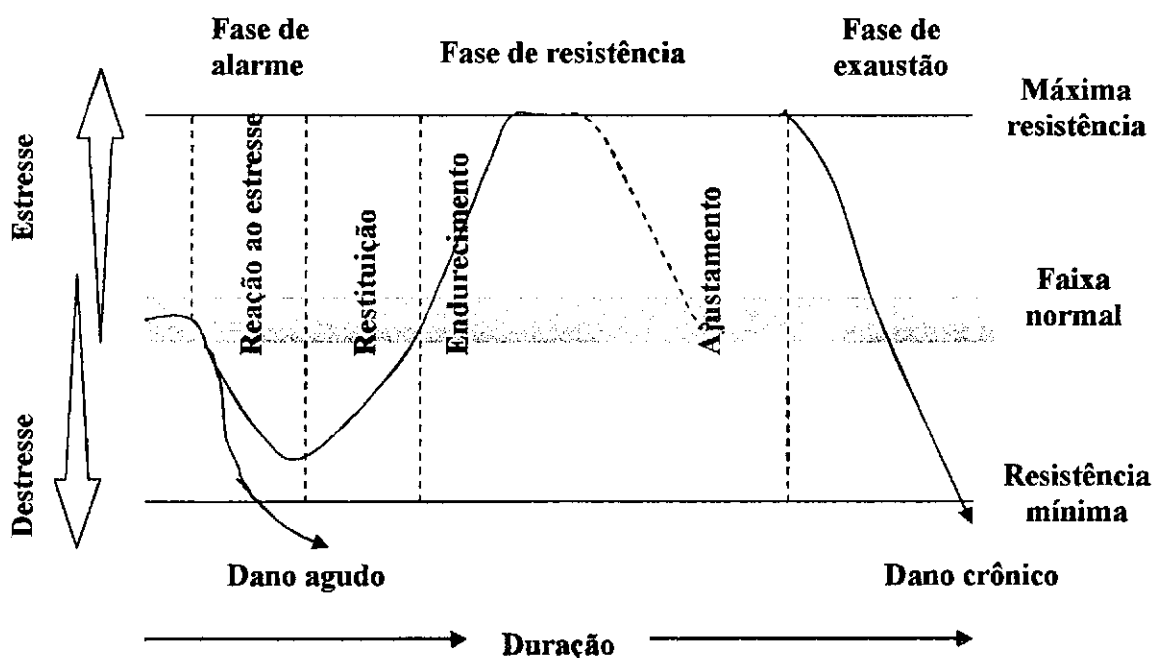


FIGURA 6 – Modelo das fases de eventos estressantes e respostas (Larcher, 1995)

O impacto dos fatores de estresse desestabiliza as estruturas e funções vitais, induzindo a planta a entrar em uma fase de "alerta", na qual ocorre um declínio funcional (reação ao estresse); esta reação é compensada por uma reação contrária (restituição), que deve conduzir a uma super compensação (endurecimento). Sob a exposição prolongada a um estresse constante, um alto grau de resistência é desenvolvido e isto pode resultar numa re-estabilização (ajuste). Caso o organismo

seja super taxado, seja por um estresse agudo (fase de alarme) ou crônico (exaustão), ocorrem danos irreparáveis.

### **A importância da água para os vegetais**

A água constitui, no processo vital da planta, um dos elementos mais importantes, por realizar o transporte de nutrientes do solo para as partes aéreas; funcionar como regulador térmico da planta evitando danos por excesso de temperatura; controlar o processo de trocas gasosas com a atmosfera e assim regular a atividade fotossintética da mesma. É fundamental para todos os processos metabólicos dos vegetais como, crescimento, fotossíntese e transpiração, sendo, portanto um dos principais constituintes das células vegetais, variando entre 10% e 95% do peso fresco de órgãos vegetais (Larcher, 1995).

A Tabela 2 mostra uma síntese da função da água em diversos processos que ocorrem nas plantas.

**Tabela 2 – Função da água nas plantas**

<b>Estrutura</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>❖ Pode constituir cerca de 90% do peso fresco de muitos órgãos;</li><li>❖ É o constituinte principal do protoplasma;</li><li>❖ É o meio contínuo através das plantas. (atua como absorvente de calor);</li><li>❖ Desenvolvimento de pressão de turgescência. (dá elevado grau de rigidez ao conteúdo celular e à parede celular);</li><li>❖ Micromovimentos através de tecidos ou células.</li></ul>
<b>Crescimento</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>❖ Responde pela taxa de crescimento;</li><li>❖ Alongamento celular.</li></ul>
<b>Transporte</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>❖ É o meio onde se processa o transporte e também é o “veículo” de transporte;</li><li>❖ Meio através do qual os gametas móveis efetuam a fertilização;</li><li>❖ Meio mais importante na disseminação de esporos, frutos,</li></ul>

---

sementes, etc.

---

**Metabolismo** ❖ Capacidade para dissolver substâncias variadas;  
❖ meio onde se processam várias reações bioquímicas.

---

### **Estresse Hídrico**

O estresse hídrico da planta, caracterizado por um decréscimo no conteúdo de água, é uma situação em que as células e tecidos estão num nível de água abaixo da plena turgidez (pressão hidrostática positiva no interior da célula). O estresse hídrico variar desde um pequeno decréscimo no potencial de água, perceptível apenas através de medidas instrumentais, passando por um murchamento transitório observado nos horários de maior intensidade da radiação solar incidente em torno do meio-dia, até um murchamento permanente e morte das células e tecidos por processos de dissecação.

O déficit hídrico numa planta ocorre tanto por uma excessiva perda de água, como por uma absorção inadequada, ou por uma combinação dos dois. Em geral, é dito que o estresse hídrico ocorre sempre que a perda por transpiração excede a taxa de absorção. Daí a importância do estudo da umidade disponível no solo para planta.

Dependendo do estágio de desenvolvimento da planta, o estresse também produz diferentes danos, pois, como visto na Tabela 2, a água atua de diferentes maneiras em cada parte e fase fenológica da planta. O estresse provoca maiores danos em determinados estágios de desenvolvimento da planta que em outros. Os períodos mais críticos para a planta são:

- Formação dos órgãos reprodutivos;
- Ocorrência de polinização e fertilização.

Existem evidências de que o estresse hídrico provoca uma redução na resistência de algumas plantas, provocando uma maior incidência de doenças e pragas.

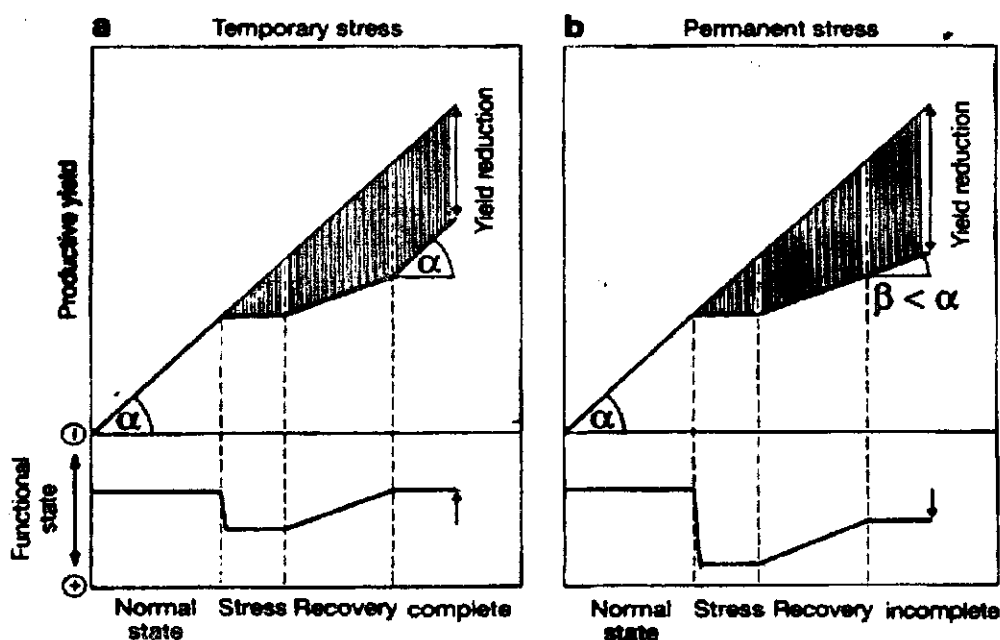
Existe porém alguns efeitos e benéficos de um estresse hídrico moderado:

- Aumento do teor de proteína na maturação (trigo);
- Aumento na qualidade dos frutos;

- Aumento do conteúdo de borracha;
- Aumento das propriedades aromáticas;
- Aumento do conteúdo de óleo da menta, oliva, soja\*;
- Maior adaptação da planta ao meio.

\* No caso da soja, aumenta o teor de óleo por semente, mas diminui a quantidade na produção por hectare.

Na Figura 7 (a - estresse temporário e b - estresse permanente), estão representados, graficamente, os efeitos do estresse ambiental sobre a produtividade de uma planta. Apesar de ambas as situações reduzirem, significativamente, a produtividade, pode-se perceber que a planta submetida a um estresse temporário tem seu estado funcional recuperado ao mesmo ponto inicial, restaurando também a inclinação do ângulo da curva de produção a seu valor inicial. Na situação em que ocorre um estresse permanente o estresse afeta de maneira irreversível, tanto o estado funcional como a inclinação da reta de produtividade.



**FIGURA 7 - Efeito do estresse ambiental na produtividade da planta. (Larcher, 1995)**

Vê-se então, ser de extrema importância a adequação do ciclo da cultura ao período de maior disponibilidade hídrica no solo, para práticas em sequeiro.

### **3.1.2. Veranico**

O veranico é caracterizado por uma ocorrência de dias secos em seqüência dentro de uma estação chuvosa, que para a região do Nordeste, corresponde ao período chuvoso de fevereiro a maio. O risco que o veranico traz consigo é o de submeter a cultura a um estresse hídrico durante uma das fases críticas de seu ciclo, em que se esperava um bom suprimento de água no solo.

Uma vez estabelecido o período chuvoso de uma região, pretende-se que a cultura, com seus ciclos previamente ajustados para o melhor desempenho dentro de tal período pré-determinado, receba o suprimento adequado de água do solo, proveniente da precipitação pluviométrica "esperada". No entanto, a grande variabilidade no comportamento da precipitação provoca a ocorrência de sub-períodos secos dentro de um período determinado chuvoso. Quando os períodos secos se estendem por vários dias consecutivos (até que a reserva do solo seja praticamente exaurida), a cultura começa a sentir o efeito de estresse hídrico, podendo levar, dependendo do estágio de desenvolvimento em que se encontra, a um declínio e até à perda total da produção.

A ocorrência deste fenômeno é aleatória e de difícil identificação. Portanto, o seu estudo é feito através do cálculo das probabilidades. O conhecimento das probabilidades de ocorrência de veranicos, dentro de determinados períodos considerados úmidos, orienta o agricultor a um prévio planejamento de irrigação, ou mesmo, a um ajuste mais adequado dos ciclos de sua cultura dentro do período úmido, garantindo assim as menores perdas de produção.

O Ministério da Agricultura e do Abastecimento (2005) publicou resultados que refletem as perdas da agricultura provocadas pela falta de informações sobre épocas de plantio. Os resultados indicam a ocorrência de perdas de produção para a cultura da mamoneira no Nordeste, podem chegar a 87%. Uma adequação da data de plantio com o período do ano em que existe disponibilidade de água para a cultura reduziria este alto índice de perda por adversidade climática.

### **3.1.3. Zoneamento agroclimatológico**

O sucesso no manejo de culturas, em um determinado lugar, está intimamente ligado às características próprias de cada região, tais como: clima, solo, hidrologia, economia, aspectos sociais, acessibilidade, dentre outras.

As questões cruciais para o agricultor são: Quanto? Onde? e Quando plantar? A correta elucidação de tais questionamentos conduz o agricultor a uma competitividade e conquista de novos mercados para o produto agrícola, sem, no entanto, se afastar de uma visão de sustentabilidade. O agricultor necessita, cada vez mais, de informações técnicas, tais como: custos, qualidade dos produtos e das melhores condições ambientais de produção, além do conhecimento aprofundado das técnicas que deve usar no dia-a-dia em sua atividade produtiva.

Objetivando responder a tais questões, surgiu o conceito de Zoneamento Agroecológico-sócio-econômico que consiste na identificação de áreas, inseridas em regiões maiores, que apresentam as melhores condições climáticas e sócio-econômicas para o plantio, de acordo com o perfil e necessidades de cada agricultor. Quando apresentado sob a forma de zonas com diferentes potencialidades para a exploração agrossilvopastoril (Zape, 2002), o zoneamento resulta do cruzamento de diferentes tipos de informações que são coletadas, parametrizadas e espacializadas, isoladamente ou em combinações.

No entanto, a maior importância do zoneamento se dá na identificação de áreas com aptidões edafo-climáticas (solo e clima), pois esta é a informação que está mais diretamente ligada com o desenvolvimento e rendimento das culturas: por tratar das variações em termos de clima, vegetação, solo, recursos hídricos, características da cultura, etc. Os demais estudos servem como um apoio à decisão quando se deseja implantar estratégias de desenvolvimento rural em bases sustentáveis.

As características típicas de cada região podem influenciar, direta ou indiretamente, o sucesso de uma produção agrícola, tais como a rede de estradas para o escoamento da produção, o perfil da população disponível para o trabalho nas lavouras, o perfil do mercado que irá absorver tal produção, entre outras características que podem ser adicionadas para um levantamento mais acurado da região. Com estas informações têm-se condições de proporcionar, a quem interessar, as bases necessárias para viabilizar, na região, propostas de desenvolvimento agrícola para a ocupação, o uso e manejo do ambiente de forma integrada.

O resultado final de um zoneamento deste porte é um conjunto de mapas temáticos, contendo todas as informações coletadas e trabalhadas através dos



modelos matemáticos definidos. E, através do cruzamento de tais informações, torna-se possível adquirir um tipo de radiografia ambiental da região a ser explorada.

#### **3.1.4. Zoneamento Agro Climático**

O zoneamento agro climático reflete a interação entre clima, solo e culturas. Quando voltado à disponibilidade hídrica para as culturas, através do estudo dos períodos de chuva da região, tem relevante importância para evitar a irrigação desnecessária (fato muito importante em regiões com escassez de recursos hídricos, como o Sertão do Nordeste) e o risco de perdas de produção por falta de chuva nas épocas críticas do ciclo das culturas. O procedimento para a elaboração deste tipo de zoneamento consiste de identificação e levantamento dos seguintes passos:

- Aptidão edafoclimática das espécies por zonas agro ecológicas;
- Zoneamento agrícola.
- Variáveis climáticas: temperatura, precipitação, evapotranspiração e índices climáticos;
- Variáveis do solo: tipo e propriedades hidráulicas;
- Variáveis da cultura: espécie, ciclo vegetativo e fisiologia;
- Potencialidade: cruzamento das informações climáticas com as do solo e da planta, através de índices parametrizados;
- Regionalização do plantio das espécies por tipos de aptidões;
- Confecção de mapas e tabelas.

“Zona” é uma região ou área caracterizada por qualquer peculiaridade que a distingue da parte adjacente ou circundante (Rocha, 2000). Conclui-se então que, elaborar um zoneamento é procurar identificar áreas que apresentam homogeneidade de certas características, quer climáticas, agrícolas, pedológicas, sociais ou de qualquer outra natureza. Assim, o zoneamento agrícola corresponde à identificação das áreas, dentro de uma região, com as melhores condições climáticas para o desenvolvimento de uma cultura, levando-se, também, em consideração as exigências bioclimáticas da planta. Um zoneamento deste tipo deve, também, determinar a melhor época de plantio/semeadura da cultura para

cada sub-região climaticamente homogênea. O período mais adequado para o plantio/semeadura é identificado como aquele no qual as adversidades climáticas da região (como falta de água no solo, temperaturas, muito baixas ou elevadas prejudiciais às culturas) apresentam uma probabilidade menor de ocorrerem coincidentemente com as fases mais críticas de desenvolvimento da cultura.

Segundo Azevedo (2003), "O zoneamento agrícola tem por finalidade a delimitação de regiões com maior probabilidade — do ponto de vista das condições atmosféricas, do solo e dos regimes hídricos e térmicos — de sucesso de culturas economicamente rentáveis". O zoneamento é, portanto, um processo que requer uma constante atualização, pois sempre surgem cultivares novas, com diferentes exigências climáticas; tornando-se sempre necessária à atualização do zoneamento para as novas condições de cada cultura e, também, somam-se a este fato as mudanças climáticas que estão ocorrendo com grande velocidade nos últimos tempos.

A elaboração do zoneamento agrícola envolve o estudo de algumas variáveis climáticas concernentes à região, tais como: precipitação; temperatura; evapotranspiração; índices hídricos; características fenológicas da cultura; solo da região.

A precipitação pluviométrica, definida como o processo no qual a água contida na atmosfera se precipita sobre a superfície nos estados sólido ou líquido, é um dos elementos meteorológicos que exerce maior influência no ciclo da vida vegetal e animal. Modifica-se em magnitude e forma, em pequenos intervalos de horas ou até minutos, todas as condições ambientais de uma região, de acordo com a intensidade e extensão do fenômeno que a desencadeia. Por sua influência em vários parâmetros, tais como, umidade do ar, umidade no solo, temperatura do ar e do solo, radiação solar, escoamento superficial, dentre outros, (que em conjunto atuam para o crescimento e desenvolvimento das culturas), torna-se o elemento principal dos estudos agroclimáticos.

A preocupação em traçar o perfil do comportamento da precipitação para as regiões é de suma importância para a agroclimatologia. Uma vez que as suas distribuições espacial e temporal são bastante irregulares, o tratamento matemático dos dados de precipitação é ainda objeto de muita discussão. Sabe-se que a média aritmética das precipitações não apresenta resultados confiáveis quanto à sua distribuição, necessitando, portanto, de estudo estatístico mais apurado para o

tratamento de tais valores, o que geralmente é feito através do estudo das distribuições de probabilidades.

A circulação atmosférica global determina uma distribuição de precipitação média que varia de maneira geográfica e sazonal sobre o globo terrestre, definindo assim, regiões de maiores ou menores índices pluviométricos anuais. Este padrão de comportamento no entanto, é extremamente afetado por variações na escala local, que, geralmente, agem interferindo de maneira muito instável no comportamento médio global das chuvas. Fatores que ocorrem apenas em pequena escala, tais como, o aquecimento da superfície, a presença de relevo acentuado, mudanças na vegetação, entre outros, são responsáveis muitas vezes pela mudança inesperada de um evento de chuva, influenciando assim, tanto na intensidade e duração, quanto na ocorrência desta. Por este motivo, o estudo das precipitações para previsões se torna muito difícil e muitas vezes impreciso.

Também, pelo fato do conteúdo de água disponível no solo estar diretamente relacionado com a ocorrência de precipitação de uma região, faz-se necessário o estudo do comportamento do regime pluviométrico para viabilizar a confecção do zoneamento proposto.

A determinação da duração das fases de desenvolvimento de uma cultura é de suma importância para a identificação das regiões que tenham as melhores condições de solo e clima para este desenvolvimento, da forma mais produtiva possível.

O desenvolvimento de uma cultura é afetado pelas condições ambientais que ocorrem em cada região, tais como temperatura, tipo de solo, vento, radiação solar e precipitação.

Sendo assim, com o conhecimento do comportamento destes elementos ambientais e das exigências fenológicas de cada cultura, é possível se fazer uma adequação para que o plantio ocorra na época e local que tenham o conjunto de condições mais propício ao desenvolvimento e crescimento das plantas. Tal conhecimento também contribui na pré-determinação das épocas onde se fará necessária a irrigação suplementar, para suprir a demanda hídrica da lavoura.

Segundo Assis (2004), a fitofenologia ou simplesmente fenologia é o estudo que relaciona o clima com os eventos periódicos das plantas, ou seja, é o estudo dos fenômenos periódicos da vida vegetal e suas relações com o tempo e clima. Para o estudo mais detalhado das relações planta X meio ambiente, é necessário o

conhecimento da maior quantidade possível de fenômenos ambientais da região em estudo.

Por muito tempo, a precipitação foi o maior fator determinante na escolha das épocas de plantio e da distribuição dos tipos de culturas nas diversas regiões, uma vez que a deficiência hídrica, como detalhado anteriormente, afeta a duração dos ciclos vegetais, causa danos irreversíveis, que podem prejudicar o crescimento ou mesmo levar à morte por dissecação, provocando assim grandes danos á produtividade. Hoje em dia, com o advento da tecnologia e a introdução de recursos para irrigação, cada vez mais otimizados, a precipitação se torna até, em algumas condições de controle, desnecessária ou prejudicial, o que levou com que o interesse dos pesquisadores nos estudos da adequação da cultura com as características do solo e temperatura crescesse na agroclimatologia.

### 3.2. A Cultura da Mamona

Classificação, segundo Schultz (1963), citado por Azevedo et al. (1997):

**Tabela 3 – Classificação da Mamona**

<b>Subdivisão</b>	<i>Fanerogamae ou espermatophita</i>
<b>Filo</b>	<i>Angiospermae</i>
<b>Classe</b>	<i>Dicotyledonae</i>
<b>Subclasse</b>	<i>Archichlamydeae</i>
<b>Ordem</b>	<i>Geraniales</i>
<b>Família</b>	<i>Euphorbiaceae</i>
<b>Gênero</b>	<i>Ricinus</i>
<b>Espécie</b>	<i>R. communis</i>
<b>Subespécie</b>	<i>R. communis communis</i>

A mamona, conhecida popularmente pelas denominações de mamoneira, rícino, carrapateira e palma-criste, é uma oleaginosa com inúmeras aplicações industriais. A mamoneira é uma planta cujo aparecimento remonta à mais remota antiguidade, sendo de origem ainda desconhecida, com suspeitas de que seja originariamente asiática, africana ou americana. Os primeiros registros de sua

utilização no Brasil são do período colonial, quando se extraía seu óleo para a lubrificação de engrenagens e mancais de engenhos de cana.

A mamoneira é um arbusto muito encontrado em terrenos baldios, entre a vegetação natural, com altura que varia de dois a quatro metros, em média, podendo atingir até dez metros de altura e viver mais de dez anos (Popova & Mosshkin, 1986; citados por Azevedo & Lima, 2001). Seu sistema radicular se estende para as laterais e em profundidade. A parte aérea é ramificada, com coloração verde ou avermelhada e folhas lobadas (divididas em lóbulos). É uma planta monóica (com flores masculinas e femininas no mesmo pé), seu fruto é uma cápsula lisa ou com espinhos. A semente carunculada (fibrosa), oval, de tamanhos grande, médio ou pequeno, pode ter colorações muito variadas (Azevedo & Lima, 2001),

### **3.2.1. Importância econômica**

Em décadas passadas, o Brasil chegou a ser o maior produtor mundial de bagas de mamona e maior exportador do seu óleo. Atualmente, no entanto, vem perdendo esta liderança para outros países como a Índia e a China. No mundo, pode-se encontrar a mamona em quase toda a extensão das zonas tropicais e subtropicais, de forma espontânea ou cultivada.

De acordo com a Tabela 4, com dados de produção de mamona por região, pode-se constatar que em 2006 a região Nordeste foi responsável por 93,8% da área plantada com a cultura no país e por mais de 91% da produção nacional de bagas. Todos os Estados Nordestinos são produtores de mamona, exceto Sergipe e Maranhão, que embora possuam áreas com aptidão ao cultivo, não registraram plantios comerciais. O Estado da Bahia tem sido, historicamente o maior produtor, com mais de 85% da produção regional e 78,7% da produção nacional, embora no Nordeste, a Paraíba desponte como o Estado com maior rendimento, em termos de produção por área plantada (kg/ha), segundo dados do IBGE (2006).

A importância econômica da mamona reside no fato de que seu produto e subproduto, óleo e torta, são utilizados como base para a elaboração de diversos outros produtos necessários ao mundo moderno. É o caso do biodiesel, combustível vegetal de alta rentabilidade para motores movidos a diesel. De acordo com Beltrão (1999), há no Brasil um déficit anual superior a 80 mil toneladas na oferta desse produto, o que obriga, segundo Savy Filho et al. (1999), à importação de óleo bruto

da Índia e da China para atender a necessidade da indústria nacional (Azevedo & Lima, 2001)

**Tabela 4 - Área plantada e colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção de Mamona, segundo as Grandes Regiões e as Unidades da Federação - Brasil - 2005**

Grandes Regiões e Unidades da Federação	Área plantada (ha)	Área colhida (ha)	Quantidade produzida (t)	Rendimento médio (kg/ha)	Valor (1000 R\$)
<b>Mamona (baga)</b>					
<b>Brasil</b>	<b>242 057</b>	<b>230 911</b>	<b>168 059</b>	<b>727</b>	<b>95 675</b>
Norte	-	-	-	-	-
<b>Nordeste</b>	<b>227 068</b>	<b>219 732</b>	<b>154 085</b>	<b>701</b>	<b>86 491</b>
Rio Grande do Norte	1 494	1 469	1 022	695	487
Paraíba	1 653	1 642	1 499	912	1 038
Pernambuco	9 500	8 696	4 270	491	2 460

O óleo da mamona pode ser utilizado, por exemplo, na fabricação de tintas, lubrificantes, fluidos de instalações hidráulicas, corantes, anilinas, desinfetantes, germicidas, óleos lubrificantes de baixa temperatura, colas e aderentes em geral; para a manufatura de fungicidas, inseticidas (como base), tintas de impressão e escrever; vernizes, na fabricação do nylon e da matéria plástica; na fabricação de espumas plásticas o óleo de mamona confere ao material texturas variáveis desde a macia e esponjosa até a dura e rígida. Segundo o estudo da Universidade de Viçosa, o óleo de mamona transformado em plástico, sob a ação de reatores nucleares, adquire a resistência de aço, mantendo a leveza da matéria plástica, (Azevedo & Lima, 2001); atualmente estuda-se seu emprego para a fabricação de próteses humanas, como base para a preparação de cosméticos e vários tipos de drogas farmacêuticas. O sub-produto da mamona, a torta, tem sua utilização como fertilizante.

Diante deste vasto campo de aplicação da mamona, reside a necessidade da ampliação da produção nacional, uma vez que o Brasil, por estar na zona tropical, tem condições climáticas extremamente propícias ao desenvolvimento desta cultura. Um país que dispõe de área e mão de obra para plantio em abundância, condições climáticas adequadas, tem potencial agrícola para se firmar, novamente, como maior produtor mundial.

### **3.2.2. Tipo de Solo**

Contrariando a idéia generalizada, de ser possível o cultivo da mamoneira em terras fracas, pelo fato de se encontrar plantas se desenvolvendo em todo tipo de solo, as exigências nutricionais dessa espécie são muito elevadas. É de suma importância a escolha de um solo com alto teor de nutrientes para que a produtividade seja alta. O que faz com que a mamona se desenvolva em vários tipos de solo, é o fato de seu sistema radicular abundante provocar um ótimo arejamento das camadas do solo, melhorando assim as propriedades físicas do mesmo. Entretanto, o desenvolvimento da mamona em terrenos pobres não oferece retorno econômico, uma vez que só produzirá galhos e folhas e seus cachos e frutos não serão numerosos, nem grandes. O tipo ideal de solo para seu plantio são os profundos e permeáveis, com boa fertilidade natural e pH entre 5,8 e 6,5, proporcionando boas condições ao desenvolvimento da cultura e bons resultados econômicos (Azevedo & Lima, 2001).

### **3.2.3. Aptidões climáticas e fenologia**

Como citado anteriormente, a mamoneira é uma planta de climas quentes e úmidos, adaptando-se, perfeitamente, às regiões tropicais e subtropicais. É exigente em calor e alta luminosidade e necessita de uma pluviosidade mínima de 850 mm anuais, bem distribuída durante seu ciclo. A temperatura ideal para crescimento e maturação varia de 20° a 30°C (Azevedo & Lima, 2001), (Silva, 1981; Canecchio Filho, 1969, citado por Beltrão, 1999). A temperatura ótima para a planta gira em torno de 28°C (Távora, 1982).e faz-se necessário que a distribuição de calor e umidade seja constante em todo o seu ciclo vegetativo. Temperaturas muito elevadas, superiores a 40°C, provocam aborto das flores, reversão sexual das flores femininas em masculinas e redução substancial do teor de óleo nas sementes (Beltrão, 1999). Por outro lado, as baixas temperaturas retardam a germinação e prolongam a permanência das sementes no solo, favorecendo o ataque de microrganismos e insetos (Távora, 1982). Existem estudos que associam o teor de óleo das sementes com a quantidade de calor recebida pela planta segundo cita Weiss (1983) ao encontrar que a ocorrência de baixas temperaturas provoca redução no teor de óleo. Quando submetidas à temperatura de 10°C, as plantas não produzem mais sementes, devido à perda de viabilidade do pólen (Távora, 1982).

Recomenda-se evitar as regiões de grandes altitudes e locais que recebam ventos fortes ou que apresentem climas frios.

O cultivo da mamona tem se expandido para outras regiões, afora as de regiões tropicais e subtropicais, onde é originalmente adaptada. Segundo Azevedo & Lima, (2001), em regiões tropicais e equatoriais, geralmente se cultivam variedades arbóreas e nas regiões subtropicais e temperadas, variedades anãs e precoces.

O plantio, realizado em épocas inadequadas está entre as principais causas do baixo desempenho da mamoneira no Brasil (Hemerly, 1981). A época de plantio está intimamente relacionada com a distribuição e quantidade da precipitação. Em regiões de alta pluviosidade, a época de plantio deve ser ajustada de forma que não ocorram grandes volumes de precipitação nas fases de amadurecimento e secagem dos frutos (Távora, 1982). Resumidamente, a época de plantio adequada é aquela em que se aproveita ao máximo o período chuvoso, mas se realiza a colheita no período seco.

A cultura é muito exigente com relação à água em todas as fases de seu ciclo vegetativo, sendo a presença de umidade no solo no início de sua fase vegetativa e no desenvolvimento da planta um fator decisivo para a definição da produtividade da cultura. A falta de umidade acarreta a produção de sementes com pouco peso e baixo rendimento em óleo. E o excesso de água no solo causa a asfixia das raízes, que são bastante sensíveis a este fator.

No início da maturação dos frutos, o ideal é que se tenham chuvas espaçadas, acelerando, assim, o processo de maturação. Um estresse hídrico moderado aciona o mecanismo de defesa da planta, que responde à agressão, acelerando a maturação de seus frutos. Períodos de secas prolongadas após a germinação devem ser totalmente evitados, pois a falta de água nesta fase provoca irregularidades no desenvolvimento, como também o murchamento das plantas ainda não completamente desenvolvidas.

Pluviosidades de 600 – 700 mm são suficientes para que se obtenham rendimentos em torno de 1.500 kg/ha (Beltrão, 1999; Weiss, 1983). A maior exigência de água no solo ocorre durante a fase vegetativa, produzindo com viabilidade econômica em áreas onde a precipitação mínima, até o início da floração, seja em torno de 400 – 500 mm (Bahia, 1995; citado por Távora, 1982).

Azevedo et al. (1997) obtiveram um desenvolvimento satisfatório da lavoura, conseguindo plantas bem estabelecidas e produtivas com precipitações de 215 e 270



mm nos primeiros setenta dias após a germinação, em dois anos de experimentação no município de Monteiro-PB, cuja média da precipitação anual é de 620mm. Ainda de acordo com esse autor, o excesso de umidade é prejudicial em qualquer período do ciclo da lavoura, sendo mais crítico nos estádios de plântula, maturação e colheita. Comprovando-se, assim, as informações de boas produtividades obtidas na África do Sul com precipitações pluviais de 375 a 500 mm (Weiss, 1983). Em função da alta demanda evapotranspirométrica, provocada pela alta radiação da região, a evapotranspiração é superior ao total precipitado, ocorrendo déficit hídrico em quase todos os meses do ano.

Apesar de existirem cultivos em altitudes variando desde o nível do mar até 2.300 m (Távora, 1982), recomenda-se o cultivo em áreas onde a altitude está na faixa de 300 a 1.500 m acima do nível médio do mar (Weiss, 1983).

A mamoneira pode ser prejudicada pela incidência de ventos fortes que causam danos aos ramos e compromete a produção de bagas. A planta também é extremamente sensível à deficiência de oxigênio no solo, não suportando a hipoxia. Um dia de falta de oxigênio nas raízes já é suficiente para causar efeitos danosos, dois dias causam forte redução na fotossíntese e danos irreversíveis (mesmo que o motivo do estresse seja retirado) e alguns dias de anoxia causam morte do caule (Beltrão, 1999). Precipitações pluviais durante a colheita também são muito prejudiciais à cultura, podendo causar grande redução na qualidade do produto e na produtividade, pois os frutos podem apodrecer no cacho.

Diante das exigências da mamoneira, o ordenamento territorial, propiciado pelo zoneamento agroecológico, é um dos passos mais importantes para o sucesso do agricultor e para a economia do país, pois reduz os riscos da atividade agrícola e facilita o planejamento e a execução de políticas públicas.

#### **3.2.4. Ciclo vegetativo**

A germinação acontece cerca de uma semana depois da semeadura, se o solo estiver com a umidade ideal exigida nesta fase. A fase de germinação e crescimento permanece por cerca de dois meses e meio, a três meses, até que se inicie a próxima fase, a de florescimento. Neste primeiro período de desenvolvimento, a mamona requer cuidado redobrado com relação ao controle de ervas daninhas, uma vez que na sua fase inicial não há um sistema de defesa eficaz

contra a infestação, podendo até ser abafada pelas ervas. O controle dessa infestação é feito por capinas, que variam em número de acordo com o tipo de solo e regime de chuva da região. O problema da infestação de ervas daninhas persiste até que a planta alcance meio metro de altura, quando o solo estará totalmente sombreado, fazendo um controle natural das ervas, por não terem condições apropriadas para se desenvolver.

O florescimento acontece de três a quatro meses após a germinação, sendo realizada a colheita dos primeiros cachos três a quatro meses após o início do florescimento, totalizando um ciclo vegetativo, desde o plantio até a colheita dos primeiros cachos, de oito meses e meio a nove meses.

De acordo com Moshkin (1986), a mamoneira tem na sua organogênese 12 fases ou estádios de desenvolvimento, dependendo da duração de cada um, da cultivar e das condições ambientais:

- Germinação: 8 a 18 dias. Os limites térmicos para a germinação das sementes são mínimo de 14°C e máximo de 36°C, segundo Gaberlandt (1880) citado por Weiss (1983).
- Formação de folhas opostas verdadeiras: 7 a 17 dias.
- Segmentação do eixo do racemo: ocorre rapidamente e finaliza com a formação da quinta ou sexta folha verdadeira com a iniciação da gema axilar lateral.
- Diferenciação do meristema primário e formação do rendimento do racemo: 7 a 18 dias.
- Diferenciação da parte floral: 10 a 17 dias.
- Formação do pólen e do saco embrionário.
- Diferenciação e crescimento do racemo.
- Fase do botoamento.
- Floração e polinização.
- Formação dos frutos e sementes: o período de frutificação é muito variável, podendo chegar a 90 dias em cultivares precoces (Moshkin, 1986).
- Deposição da cera.
- Maturação.

### 3.2.5. Aplicações

Atualmente, o produto da mamona está sendo amplamente empregado em várias áreas da indústria, comércio, medicina, etc. Alguns dos seus usos são listados a seguir:

**Química têxtil:** surfactantes, agente umidificante de pigmento, auxiliar para matéria prima;

**Alimentação:** éster de óleo de mamona, aditivo redutor de viscosidade, ácidos graxos conjugados, triglicéride de cadeia média;

**Papéis:** antiespumante, aditivo impermeabilizante, ceras;

**Plásticos e borracha:** agente agregante, apoio de processos, massa de moldar, polióis;

**Perfumaria:** heptaldeído, ácido heptanóico, ácido undecilênico, aldeído undecilênico, álcool heptílico, ethyl heptoate, acetato heptílico;

**Cosméticos:** óleo de mamona, emulsificante, éster de óleo de mamona, ácido undecilênico, desodorante, cera de mamona, triglicéride de cadeia média;

**Eletrônicos & telecomunicações:** sistema de poliuretano, resina de poliamida, óleo de mamona, éster de óleo de mamona, polióis, ceras para geléia de cabos, fluído capacitor;

**Farmacêutica:** glicerina, óleo de mamona, ácido undecilênico, zinco undecilenato, anidrido enantico, cálcio undecilenato, óleo de mamona hidrogenado;

**Tintas & adesivos:** polióis, glicerina, ácido dimérico, poliamidas, resinas alkídicas, ácido ricinolêico, agente thixotrópico, óleo de mamona – todas graduações, aditivo umidificante e dispersante, óleo de mamona desidratado, ácido graxo dco, “water-thinnable resins”;

**Lubrificantes:** ácido dimérico, ácido ricinolêico, éster de óleo de mamona, óleo de mamona soprado, ácido heptanóico, sais metálicos, óleo de mamona hidrogenado, hydroxy amide waxes, ácido 12 hidróxi esteárico, metil 12 hydroxiestearato, inibidores de corrosão, ácido sebácico, polyol esters.

#### **Aplicações da torta**

**Agricultura:** torta de mamona - adubo orgânico, sementes de mamona híbridas

A principal aplicação da torta ainda é como fertilizante, constituindo-se num adubo orgânico nitrogenado de primeira categoria, sendo usada na base de duas a três toneladas por hectare. Também é utilizada como condicionador nas misturas fertilizantes. Como ração animal, a torta da mamona só pode ser utilizada depois de desintoxicada, por ser muito venenosa, principalmente pela presença de ricina. Sendo o processo de desintoxicação bastante complexo e, muitas vezes, caro, as usinas de óleo preferem vender a torta apenas como fertilizante. Mas, não são apenas o óleo e a torta que têm aplicações. Da mamona se aproveita tudo, já que as folhas servem de alimento para o bicho da seda e, misturadas à folhagem, aumentam a secreção láctea das vacas. A haste, além de celulose própria para a deiscentes.

No Brasil, existe várias cultivares de mamona disponíveis para o plantio. Variam em porte, deiscência dos frutos, tipos de cachos, dentre outras características. No Nordeste, recomenda-se o uso de cultivares de porte médio e de frutos semi-indeiscentes. Os tipos BRS 149 nordestina e BRS 188 Paraguaçu, apresentam uma maior resistência a seca e boa capacidade de produção, sendo então sugerida pela EMPRABA, para o cultivo em sequeiro no Nordeste, têm um ciclo vegetativo que pode chegar a 240 dias se houver disponibilidade de água.

### **3.3. Método**

A identificação das regiões aptas para o cultivo da mamoneira nos Estados da Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte foi feita com base nos valores de disponibilidade de água no solo, para toda a região, calculados de acordo com os dados de precipitação dos postos pluviométricos da respectiva rede. De posse desses dados, elaborou-se o zoneamento dos Estados, identificando as regiões que tivessem uma condição de água disponível (AD) favorável para o cultivo da mamona assim como, a adequação dos períodos em que o solo apresenta esta condição para a cultura com seu ciclo fisiológico, estabelecendo, assim, para cada região, a data ideal para a semeadura.

A metodologia utilizada para a execução deste trabalho foi dividida, basicamente, em seis partes, que englobaram: levantamento dos dados, determinação da água disponível diária do solo; avaliação de estação de cultivo para todas as localidades escolhidas; espacialização dos resultados; adequação do ciclo

da cultura com a variação anual da disponibilidade hídrica do solo para a mamoneira; e finalmente, identificação da data do início do plantio.

Com respeito ao levantamento das informações para a realização do zoneamento agroclimatológico proposto, foram utilizados dados climatológicos diários dos postos pluviométricos nos três Estados. O critério para a escolha das séries pluviométricas foi a existência de periodicidade igual ou superior a 25 anos ininterruptos de dados. Uma vez levantados os dados de precipitação dos postos disponíveis no banco de dados da Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas – UACA/CTRN/UFCG, foram calculadas as frequências e probabilidades de ocorrências de chuvas através da distribuição gama de probabilidade. Em seguida, as séries de precipitações diárias foram acumuladas para períodos decenais e para um período mínimo de 25 anos de dados. Para cada Estado, o número de postos, suas localizações e o número de anos com dados disponíveis são listados nas Tabelas de 5 a 8. A distribuição espacial dos postos estão representados nas Figuras de 8 a 10. Devido a falta de homogeneidade nos períodos de registros entre os postos, decidiu-se pela escolha das estações adotando-se apenas o critério de que a mesma apresentasse uma série igual ou superior a 25 anos de registro.

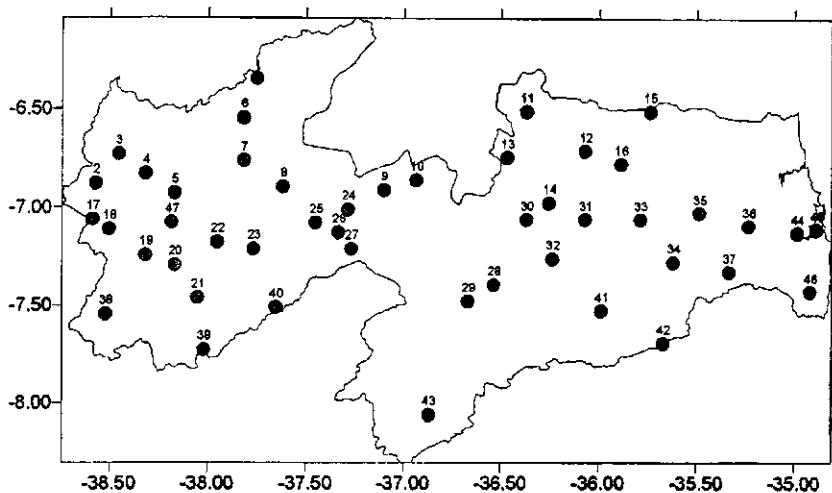
**Tabela 5 - Número de postos meteorológicos utilizados para obtenção dos dados em cada Estado.**

Estado	Número de postos
Paraíba	46
Pernambuco	32
Rio Grande do Norte	30

**Tabela 6 – Relação dos postos selecionados no Estado da Paraíba.**

#	Posto	Lat	Long	Alt	Periodo	N. Anos
1	Catole do Rocha	6° 21'	37° 45'	250m	1931-1982	52
2	Cajazeiras	6° 53'	38° 34'	291m	1935-1962	28
3	Antenor Navarro	6° 44'	38° 27'	240m	1947-1979	33
4	S. Goncalo	6° 50'	38° 19'	235m	1941-1980	40
5	S. Jose da Lagoa Tapada	6° 56'	38° 10'	260m	1963-1990	28
6	Jerico	6° 33'	37° 49'	215m	1963-1991	29
7	Pombal	6° 46'	37° 49'	178m	1935-1975	41
8	Condado	6° 54'	37° 37'	260m	1943-1979	37
9	S. Mamede	6° 55'	37° 6'	270m	1963-1989	27
10	Sta. Luzia	6° 52'	36° 56'	290m	1948-1979	32

11	Picui	6° 31'	36° 22'	450m	1911-1936	26
12	Barra de Sta. Rosa	6° 43'	36° 4'	440m	1943-1975	33
13	Pedra lavrada	6° 45'	36° 28'	525m	1938-1964	27
14	Olivedos	6° 59'	36° 15'	545m	1959-1989	31
15	Araruna	6° 31'	35° 44'	580m	1940-1990	51
16	Salgado	6° 47'	35° 53'	400m	1963-1988	26
17	Arapuã <span style="margin-left: 20px;">sítio</span>	7° 4'	38° 35'	500m	1935-1963	29
18	S. Jose de Piranhas	7° 7'	38° 30'	300m	1963-1991	29
19	Serra Grande	7° 15'	38° 19'	585m	1937-1963	27
20	Itaporanga	7° 18'	38° 10'	230m	1940-1978	39
21	Nova Olinda	7° 28'	38° 3'	315m	1936-1990	55
22	Piancó	7° 11'	37° 57'	250m	1911-1976	66
23	Olho d' Água	7° 13'	37° 46'	275m	1963-1991	29
24	Patos	7° 1'	37° 17'	250m	1939-1965	27
25	Sta. Teresinha	7° 5'	37° 27'	380m	1967-1991	25
26	Porcos <span style="margin-left: 20px;">fazenda</span>	7° 8'	37° 20'	270m	1933-1960	28
27	Teixeira	7° 13'	37° 16'	770m	1945-1983	39
28	S. João do Cariri	7° 24'	36° 32'	445m	1911-1948	38
29	Serra Branca	7° 29'	36° 40'	450m	1963-1987	25
30	Soledade	7° 4'	36° 22'	560m	1935-1961	27
31	Pocinhos	7° 4'	36° 4'	624m	1938-1964	27
32	Boa Vista	7° 16'	36° 14'	490m	1939-1970	32
33	Alagoa Nova	7° 4'	35° 47'	500m	1911-1937	27
34	Ingá	7° 17'	35° 37'	144m	1945-1986	42
35	Mulungu	7° 2'	35° 29'	100m	1946-1970	25
36	Sapé	7° 6'	35° 14'	125m	1931-1961	31
37	Itabaiana	7° 20'	35° 20'	45m	1946-1977	32
38	Conceição	7° 33'	38° 31'	370m	1935-1967	33
39	Princesa Isabel	7° 44'	38° 1'	660m	1911-1976	66
40	Agua Branca	7° 31'	37° 39'	710m	1936-1963	28
41	Bodocongó	7° 32'	35° 59'	350m	1953-1991	39
42	Umbuzeiro	7° 42'	35° 40'	553m	1935-1961	27
43	S. Joao do Tigre	8° 4'	36° 52'	616m	1936-1963	28
44	Sta. Rita	7° 8'	34° 59'	16m	1945-1976	32
45	Joao Pessoa	7° 7'	34° 53'	5m	1937-1969	33
46	Alhandra	7° 26'	34° 55'	49m	1939-1969	31

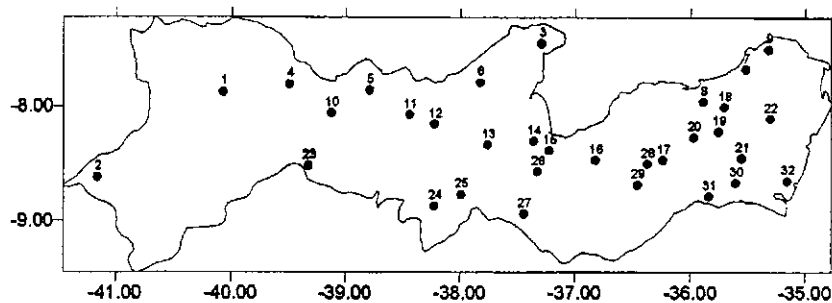


**FIGURA 8 - Distribuição das estações da Paraíba**

**Tabela 7 – Relação dos postos selecionados no Estado de Pernambuco.**

#	Posto	Lat	Long	Alt	Periodo	N. Anos
1	Ouricuri	7° 53'	40° 4'	432m	1928-1956	29
2	Cachoeira do Roberto	8° 38'	41° 9'	630m	1967-1992	26
3	S. Jose do Egito	7° 28'	37° 17'	575m	1915-1976	62
4	Ipueira	7° 49'	39° 29'	440m	1963-1988	26
5	S. Jose do Belmonte	7° 52'	38° 47'	460m	1963-1987	25
6	Carnaíba	7° 48'	37° 49'	450m	1965-1990	26
7	Machados	7° 41'	35° 31'	320m	1968-1992	25
8	Algodão do Manso	7° 58'	35° 53'	380m	1966-1993	28
9	Timbauba	7° 31'	35° 19'	190m	1911-1960	50
10	Salgueiro	8° 4'	39° 7'	415m	1912-1956	45
11	Quixaba fazenda	8° 5'	38° 26'	370m	1963-1992	30
12	Tauapiranga	8° 10'	38° 13'	465m	1963-1992	30
13	Caicara fazenda	8° 21'	37° 45'	500m	1963-1993	31
14	Algodões	8° 19'	37° 21'	507m	1935-1990	26
15	Xilili	8° 24'	37° 13'	630m	1963-1988	26
16	Alagoinha	8° 29'	36° 49'	762m	1963-1992	30
17	Cachoeirinha	8° 29'	36° 14'	780m	1965-1992	28
18	Cumarú	8° 1'	35° 42'	395m	1963-1988	26
19	Bezerros	8° 14'	35° 45'	471m	1963-1991	29
20	Caruaru	8° 17'	35° 58'	545m	1935-1959	25
21	Cortés	8° 28'	35° 33'	340m	1966-1992	27
22	Vitoria de Sto. Antônio	8° 7'	35° 18'	137m	1935-1961	27
23	Cabrobo	8° 32'	39° 19'	350m	1935-1970	36
24	Soares fazenda	8° 53'	38° 13'	375m	1963-1988	26
25	Juazeiro dos Cândidos	8° 47'	37° 59'	420m	1963-1991	29

26	Ponta da Vargem	8° 35'	37° 19'	680m	1963-1989	27
27	Itaiba	8° 57'	37° 26'	470m	1963-1992	30
28	S. Bento do Uma	8° 31'	36° 22'	645m	1921-1947	27
29	Jucati	8° 42'	36° 27'	821m	1963-1992	30
30	Palmares	8° 41'	35° 36'	109m	1936-1960	25
31	Maraial	8° 48'	35° 50'	360m	1963-1991	29
32	Rio Formoso	8° 40'	35° 9'	39m	1937-1961	25



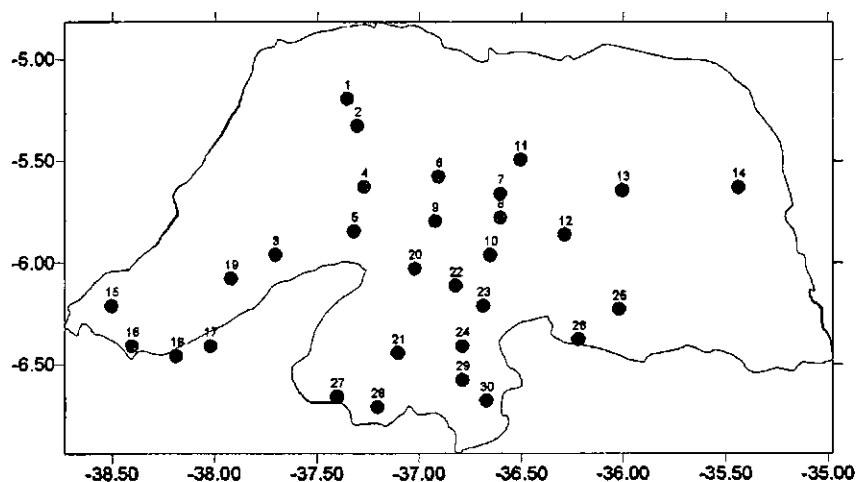
**FIGURA 9 - distribuição das estações de Pernambuco**

**Tabela 8 – Relação dos postos selecionados no Estado do Rio Grande do Norte.**

#	Posto	Lat	Long	Alt	Período	N. Anos
1	Mossoró	5° 12'	37° 21'	15m	1917-1958	42
2	Santana	5° 20'	37° 18'	115m	1963-1989	27
3	Olho d'Água dos Borges	5° 58'	37° 42'	159m	1963-1991	29
4	Upanema	5° 38'	37° 16'	45m	1931-1957	26
5	Augusto Severo	5° 51'	37° 19'	65m	1963-1991	29
6	Açu	5° 35'	36° 54'	68m	1911-1957	47
7	Angicos	5° 40'	36° 36'	109m	1935-1987	53
8	Pixore de Baixo	5° 47'	36° 36'	122m	1934-1959	26
9	S. Rafael	5° 48'	36° 55'	70m	1947-1974	27
10	Santana do Matos	5° 58'	36° 39'	140m	1911-1937	27
11	Afonso Bezerra	5° 30'	36° 30'	80m	1953-1979	27
12	Recanto	5° 52'	36° 17'	400m	1963-1988	26
13	Jardim de Angicos	5° 39'	36° 0'	150m	1962-1991	30
14	Ceara Mirim	5° 38'	35° 26'	40m	1931-1959	28
15	S. Miguel	6° 13'	38° 30'	605m	1911-1937	27
16	Luiz Gomes	6° 25'	38° 24'	640m	1928-1957	30
17	Alexandria	6° 25'	38° 1'	315m	1961-1990	30
18	Tenente Ananias Gomes	6° 28'	38° 11'	380m	1963-1990	28
19	Martins	6° 5'	37° 55'	645m	1927-1958	32
20	Jucurutu	6° 2'	37° 1'	75m	1947-1975	29



21	Caico	6° 27'	37° 6'	143m	1963-1988	26
22	Florania	6° 7'	36° 49'	210m	1933-1961	29
23	S. Vicente	6° 13'	36° 41'	320m	1960-1986	27
24	Cruzeta	6° 25'	36° 47'	140m	1935-1961	27
25	Sta. Cruz	6° 14'	36° 1'	240m	1918-1947	26
26	Coronel Ezequiel	6° 23'	36° 13'	610m	1963-1989	27
27	Serra Negra do Norte	6° 40'	37° 24'	160m	1911-1958	48
28	S. Joao do Sabugi	6° 43'	37° 12'	175m	1937-1966	30
29	Jardim do Serido	6° 35'	36° 47'	220m	1939-1981	43
30	Parelhas	6° 41'	36° 40'	325m	1939-1971	33



**FIGURA 10 - Distribuição das estações do Rio Grande do Norte**

Para os postos com falta de dados de temperatura foram usados valores estimados de temperaturas, obtidos por um programa desenvolvido por Cavalcanti & Silva (1994), baseado nas coordenadas geográficas de cada estação, empregando-se a seguinte função de ajuste:

$$T = A_0 + A_1h + A_2h^2 + A_3\lambda + A_4\lambda^2 + A_5\phi + A_6\phi^2 + A_7h\phi + A_8h\lambda + A_9\phi\lambda \quad (\text{eq. 1})$$

Onde:  $\lambda$ ,  $\phi$  e  $h$  são as coordenadas de longitude, latitude e altitude respectivamente; e  $A_0$ ,  $A_1$ ,  $A_2$  ...  $A_9$  são coeficientes obtidos através do método dos mínimos quadrados. Os coeficientes foram conseguidos para 3 sub-regiões do Nordeste utilizando-se de dados de 141 estações distribuídas pela região com séries históricas de 1912 a 2005.

Os resultados obtidos do balanço hídrico climatológico foram utilizados para a identificação das estações de cultivo em diferentes localidades nos Estados da Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte.

O balanço hídrico climatológico, segundo Thornthwaite & Mather (1957) foi elaborado através de:

$$EP = 16 (10T / I)^a, \quad 0^\circ\text{C} \leq T \leq 26^\circ\text{C} \quad (\text{eq. 2})$$

onde I é o índice anual de calor estimado por:

$$I = \sum_{n=1}^{12} (0,2 T_n)^{1,514}, \quad T_n > 0^\circ\text{C} \quad (\text{eq 3})$$

$$a = 6,75 \times 10^{-7} I^3 - 7,71 \times 10^{-5} I^2 + 1,792 \times 10^{-2} I + 0,49239 \quad (\text{eq 4})$$

Para temperaturas acima de 26°C, EP foi obtida através de uma Tabela fornecida por Thornthwaite (1948). A EP obtida pela eq. 1 foi multiplicada por um fator de correção C, dado por:

$$C = D \cdot N/12 \quad (\text{eq 5})$$

Onde: D é o número de dias do mês em questão

$$N = (2/15) [\arccos (-\tan \delta \cdot \tan \varphi)] \quad (\text{eq 6})$$

$\delta$  e  $\varphi$  são longitude e latitude;

Os meses foram divididos em três decêndios, tendo o último decêndio de cada mês 8, 9, 10 ou 11 dias, dependendo do mês e ano. Os valores diários de EP foram calculados a partir dos valores mensais da Evapotranspiração Potencial (EP) que, em conjunto com os valores diários de precipitação, foram a base para se estabelecer o balanço hídrico diário em cada região.

A determinação dos valores diários de água disponível no solo para todo o período de registro foi dada por:

$$ARM = ARM_{ant} \cdot CAD \cdot e^{(\text{NegAcum}/CAD)} \quad (\text{eq. 7})$$

Onde:  $ARM_{ant}$  é a água disponível (AD) do mês anterior;  $NegAcum$  é calculado pela diferença negativa de  $P-EP$ , acumulada mês a mês e  $CAD$  é a capacidade de água disponível do solo.

Os cálculos foram efetuados para cada localidade, utilizando-se de quatro valores de capacidade disponível de água ( $CAD$ ): 100, 150, 200 e 250 mm, para um período mínimo de 25 anos de observações.

Uma das finalidades deste estudo é a determinação da melhor época de plantio para várias localidades. Neste contexto, assume-se que somente a umidade na camada superficial é de importância para o desenvolvimento da semente. O valor de  $CAD$  desta camada é assumido 25 mm e como feito para os valores de  $CAD$  iguais a 100 a 200 mm, neste caso a  $AD$  diária do solo também é avaliado para as localidades e para todos os anos do período de estudo.

Utilizando valores diários de  $AD$  para todos os períodos de registro, valores médios para cada década foram avaliados.

Os valores médios para cada década de  $AD$  foram plotados em função do tempo e, a partir destes diagramas, algumas informações preliminares sobre o início e duração dos períodos da estação de cultivo foram obtidas e analisadas para cada localidade. Neste contexto, assume-se 50% da  $CAD$  como o valor mínimo de  $AD$  necessário a um bom desenvolvimento das culturas (Robertson, 1988, 1989).

As análises acima são baseadas nas condições médias de umidade do solo para vários anos. Para obter informações mais precisas é necessário considerar as variações de ano para ano dos valores de  $AD$  para cada década. Isto foi feito utilizando-se o modelo de cadeia de Markov de primeira ordem.

A cadeia de Markov é um processo estocástico onde as probabilidade futuras dependem exclusivamente do estado presente do processo, não investigando como o processo chegou até aquele ponto de partida. A cadeia de Markov é um sistema de transição de estado numerável (discreto).

A construção de uma cadeia de Markov requer duas variáveis basicamente, a saber: a distribuição inicial de probabilidade e a matriz de transição de estado.

Se tivermos um conjunto finito de estados:  $S = \{1, \dots, m\}$ , e associarmos os pares ordenados  $(i, j) \in S^2$  a um número real  $p_{ij}$  de forma que:

$$p_{ij} \geq 0 \quad \forall (i, j) \in S^2 \quad (\text{eq. 8})$$

e satisfazendo a condição:

$$\sum_{j \in S} p_{ij} = 1 \quad \forall i \in S \quad (\text{eq. 9})$$

Define-se a matriz de transição:

$$P = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdots & p_{1m} \\ p_{21} & p_{22} & \cdots & p_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{m1} & p_{m2} & \cdots & p_{mm} \end{pmatrix}$$

Utilizando uma seqüência randômica de valores em S (cadeia de homogênea de Markov):

$$(X_n)_{n \in \mathbb{N}_0}$$

Onde n é o tempo em que o estado  $X_n$  ocorre, define-se a cadeia de Markov de primeira ordem por:

$$P[X_{n+1} = j | X_0 = i_0, \dots, X_n = i_n] = P[X_{n+1} = j | X_n = i_n] = p_{i_n j}$$

Para todo:

$$(i_0, \dots, i_n, j) \in S^{n+2}$$

Usando valores diários de AD, avaliada conforme mencionada anteriormente, através da cadeia de Markov de primeira ordem, foram determinadas as probabilidades iniciais P(S), P(U), e condicionais P(S/S), P(U/S), P(U/U) e P(S/U), onde: P(S) é a probabilidade do solo num dado dia ser seco; P(U) é a probabilidade do solo num dado dia ser úmido; P(S/S) é a probabilidade do solo ser seco dado que no dia anterior o mesmo foi seco; P(U/S) é a probabilidade do solo ser úmido dado que no dia anterior o mesmo foi seco; P(U/U) é a probabilidade do solo ser úmido dado que no dia anterior o mesmo foi úmido; P(S/U) é a probabilidade do solo ser seco dado que no dia anterior o mesmo foi úmido;

Estas probabilidades foram obtidas para cada uma das 36 decêndios do ano, bem como para cada localidade e os valores de CAD considerados. O valor crítico de AD, que diferencia um dia seco de um dia úmido, é de 50% da CAD utilizada.

A avaliação da estação de cultivo de cada localidade procede-se usando as probabilidades iniciais e condicionais, as probabilidades de termos pelo menos um período de cinco dias consecutivos úmidos foram computados para cada decêndio. Assim, assume-se um período com cinco dias úmidos consecutivos durante cada

decêndio, é suficiente para manter o bom desenvolvimento da cultura (Robertson, 1988, 1989).

Estas probabilidades foram plotados em função do tempo e, a partir destas curvas, a duração de estação de cultivo para cada localidade foi determinada, assumindo-se que o sucesso agrícola está baseado em uma boa colheita produzida, no mínimo, sete dentre dez anos.

Os dados diários de AD e as probabilidades iniciais e condicionais foram também utilizados para determinar o começo do período úmido, ou em termos mais práticos, a data mais segura para a semeadura, informação que contribui para minimizar os riscos de um insucesso agrícola durante a germinação e período de crescimento das culturas.

Considerando que a umidade do solo, responsável para germinação das sementes, situa-se na primeira camada de solo com 25 cm de profundidade. A CAD desta camada será considerada 25 mm, e a mesma é considerada seca demais para o processo de germinação, quando a quantidade de água no solo cair para menos de 50% da CAD. Valores diários de AD para esta camada foram determinados para cada localidade, considerando-se todos os anos de registro. Com base nestes valores, foram determinadas as probabilidades iniciais e condicionais de dias secos e/ou úmidos para cada decêndio correspondente, usando os procedimentos anteriormente descritos.

Foram obtidos para todos os decêndios do ano valores do conteúdo médio de AD desta camada (leito de sementes). A partir destes resultados foram selecionados aqueles decêndios com conteúdo médio de umidade maior que 50% de CAD e que ficam próxima da estação de cultivo (EC), avaliada da forma anterior.

Considera que o agricultor, prática a semeadura, quando o solo estiver suficientemente umedecido e que cinco dias consecutivos úmidos são necessários para obter sucesso na fase de germinação.

As probabilidades de pelo menos um dia úmido e de pelo menos cinco dias consecutivos úmidos após um dia úmido foram determinadas para os decêndios selecionados. Os decêndios com maiores probabilidades foram considerados mais propícios para o plantio.

Confeccionou-se cartas climáticas para a região, contendo estas informações requeridas para a análise agroclimatológica de cada Estado. As informações para a análise regional, no que diz respeito ao início e à duração do período de plantio,

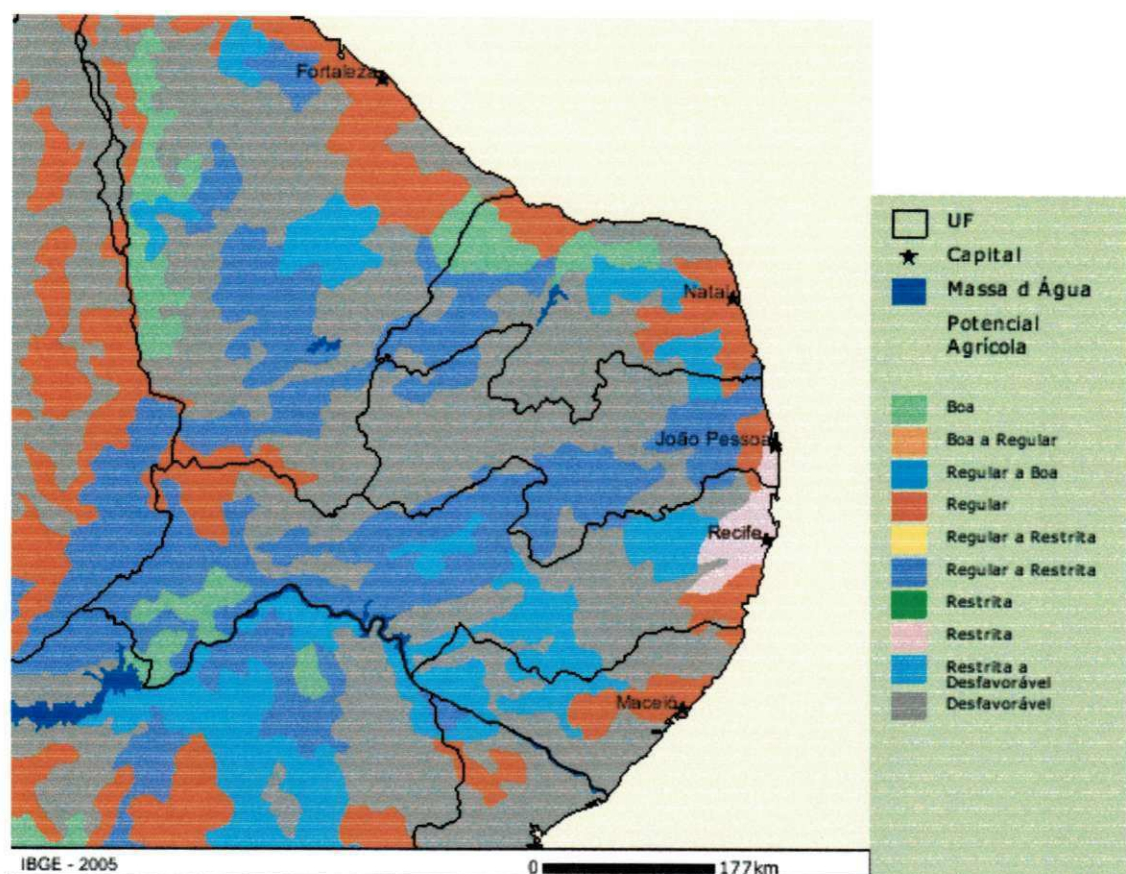
foram apresentadas em tabelas, onde é possível a identificação, para cada região com AD para a mamoneira, do período de semeadura.

Para a análise da cultura da mamona e época ideal para o seu plantio, foram elaboradas cartas, para cada Estado, com a distribuição espacial dos valores de disponibilidade de água (AD) e da probabilidade de cinco dias úmidos consecutivos, P(5W), dentro de um decêndio para os níveis de CAD de 100, 150, 200 e 250 mm, bem como as cartas de precipitação decendial, hipsometria, temperatura e início da estação úmida. Tabelas e gráficos foram elaboradas apresentando o início e final do período com AD para cada localidade trabalhada em cada Estado. Através do cruzamento destes resultados, são descritos abaixo os resultados conseguidos para cada Estado.

Considerando que o nível de água disponível para o bom desenvolvimento da planta é de no mínimo 50% da CAD do solo (Robertson, 1988 e 1989), selecionou-se de cada região as localidades que apresentaram um período mínimo de 12 decêndios, suficientes para a adequação do ciclo da cultura da mamona em seu período crítico. O mesmo foi feito para os resultados de probabilidade de 5 dias úmidos consecutivos dentro do decêndio ao nível de 70%.

A análise dos resultados foi feita individualmente para cada Estado. Inicialmente, para facilitar a localização das regiões dentro de cada Estado, foram incluídos os mapas com a divisão de suas mesorregiões e municípios.

Adicionalmente, foi introduzido um mapa do potencial agrícola da região Nordeste, elaborado pelo IBGE (2006), através da Classificação do território de acordo com a potencialidade agrícola dos solos, e levando em conta fatores como: fertilidade, características físicas e morfológicas, principais limitações e topografia. para uma análise comparativa das regiões que apresentam aptidão para a agricultura.

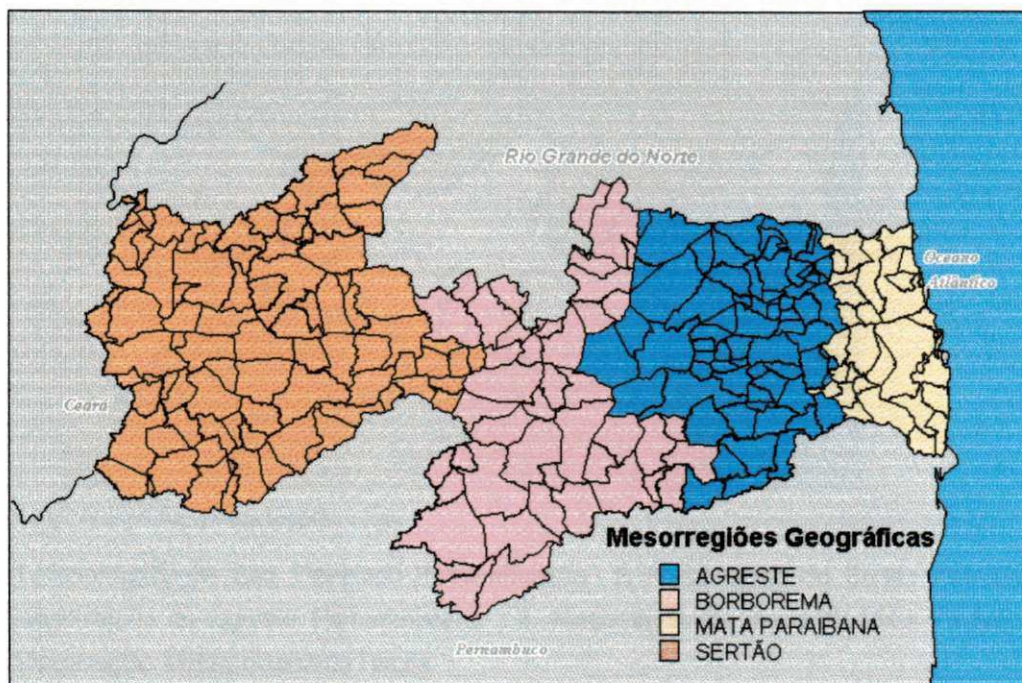


**FIGURA 11 - Potencial agrícola – IBGE (2006)**

A Paraíba, situada no extremo leste do Nordeste do país, tem seus limites ao Norte com o Estado do Rio Grande do Norte, Sul com o Estado de Pernambuco, Oeste com o Estado do Ceará e ao Leste com o oceano Atlântico. Tem um relevo caracterizado por uma faixa litorânea de baixada, o planalto da Borborema na região central e o planalto Ocidental na parte Oeste. O seu clima é tropical, e semi-árido no interior (havendo a predominância da vegetação de caatinga), com chuvas escassas e irregulares e média térmica em torno de 27°C. Entre os rios mais importantes destacam-se o Paraíba, Piancó, Piranhas, Taperoá, Mamanguape, Curimataú, do Peixe, Camaratuba, Espinharas, Miriri e Gramame. A base de sua economia é fundamentada na agropecuária, indústria de couro e turismo. Na agricultura, os produtos de destaque são a cana-de-açúcar, o abacaxi, a mandioca, o milho, o feijão, o algodão herbáceo, o algodão arbóreo e a banana. O Estado apresenta uma área de 56.584,6 km<sup>2</sup> dividida em 4 subregiões (Figura 12), classificadas de acordo com o clima apresentado no Estado: a Zona da Mata na faixa litorânea, Agreste, Borborema e Sertão e 23 Microrregiões. De acordo com o mapeamento do potencial



agrícola elaborado pelo IBGE, 2006 (Figura 11), que se baseia em fatores como solo, precipitação e relevo, a Paraíba aparece com uma condição bastante desfavorável em termos de aptidão para a agricultura, apresentando em quase a totalidade do Sertão, norte do Agreste e Borborema uma situação desfavorável para a agricultura. E nas regiões: Zona da Mata, centro sul da Borborema e Agreste, aparecem áreas com potencialidade regular a restrita, sendo a Zona da Mata a única a apresentar uma região com potencial agrícola considerado regular. O que significa que a agricultura no Estado da Paraíba é possível quando praticada com recursos mitigadores das limitações naturais, como irrigação, correção de solo, entre outros.

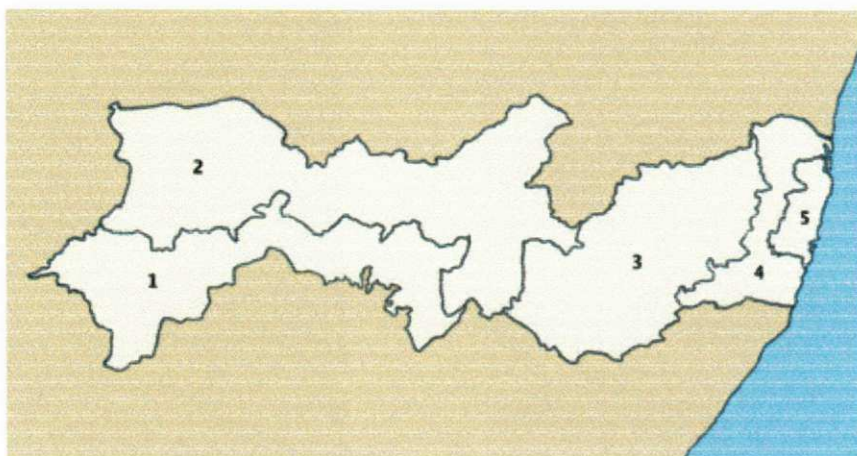


**FIGURA 12 – Mesorregiões Paraíba**

O Estado de Pernambuco, localizado no Centro-leste da região Nordeste do Brasil, com área de 98.938 km<sup>2</sup>, apresenta um relevo constituído de Planície litorânea, Planalto Central e Depressões à Oeste e à Leste. As suas principais bacias hidrográficas são: São Francisco, Capibaribe, Ipojuca, Una, Pajeú e Jaboatão, com vegetação característica constituída por mangue (litoral), floresta tropical (Zona da Mata) e caatinga (Agreste e Sertão). Apresenta os Climas Tropical atlântico (litoral) e semi-árido (Agreste e Sertão) (Governo do Estado de Pernambuco, 2006). O Estado com 184 municípios (e mais o território de Fernando de Noronha) divide-se em 5 sub-regiões (Figura 13). Partindo do litoral para o interior do Estado, encontramos a Região Metropolitana do Recife, que abrange uma



faixa central do litoral Pernambucano, sendo circundado ao norte, sul e oeste pela Zona da Mata, e na seqüência, o Agreste no centro leste do Estado e finalmente as regiões do Sertão a noroeste e São Francisco a sudoeste do Estado. De acordo com o mapeamento do potencial agrícola elaborado pelo IBGE, 2006 (Figura 11), o Estado apresenta regiões aptas a agricultura no litoral sul com condições regulares, grande parte das mesorregiões do Sertão e São Francisco com condições regular a restrita, oeste do Sertão com condições regulares e na região sul da micro região de Petrolina encontra-se condições boas para a agricultura. Este resultado mostra a necessidade de implementos na agricultura em grande parte do Estado.



Fonte: Wikipédia, a enciclopédia Livre

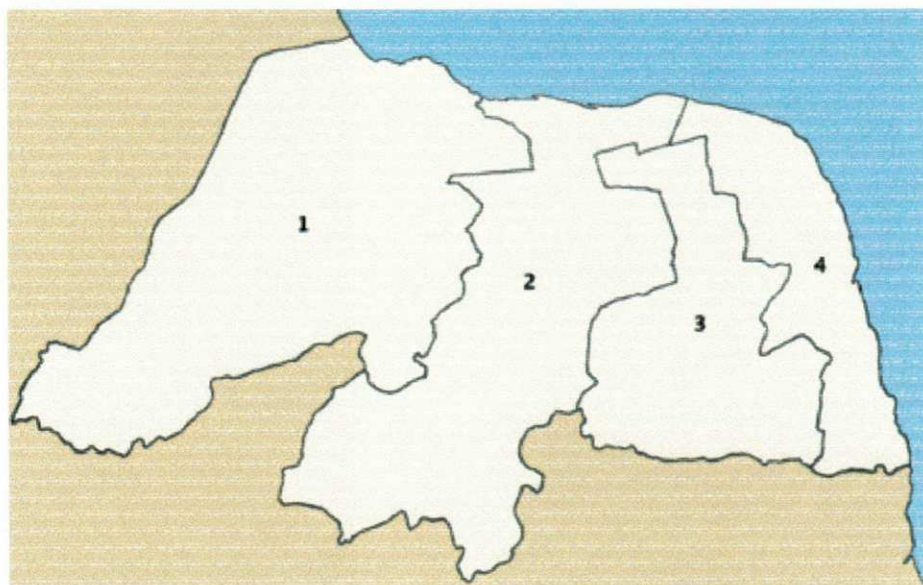
1.Mesorregião do São Francisco Pernambucano 2. Mesorregião do Sertão Pernambucano ; 3. Mesorregião do Agreste Pernambucano ; 4. Mesorregião da Zona da Mata Pernambucana ; 5. Mesorregião Metropolitana do Recife

### ***FIGURA 13 – Mesorregiões Pernambuco***

O Estado do Rio Grande do Norte, localizado no extremo nordeste do território brasileiro , com área de 53.306,8 km<sup>2</sup>, faz limite ao norte e leste com o oceânico atlântico, com faixa litorânea com 410 km, Sul com o Estado da Paraíba e Oeste com o Estado do Ceará. O relevo é representado por planalto ao Norte, e terras baixas contornando o planalto a leste, norte e oeste, e maciços isolados nas regiões sul e oeste. A maior parte do Estado encontra-se inserido no Polígono das Secas (região delimitada pelo Governo Federal em 1951). De clima predominantemente tropical semi árido, tem temperaturas médias em torno de 27°C, a exceção nas regiões mais altas que apresentam temperatura média de 20°C. As chuvas são escassas, em geral não ultrapassando 800 mm por ano, e até

1500 mm no litoral, com estação chuvosa concentrada nos meses de março a junho. A maior parte de seus rios são temporários, dos rios perenes que cortam as regiões do Agreste e Litoral destacam-se o Mossoró, Apodi Assu, Piranhas, Potengi, Trairi, Jundiá, Jacu, Seridó e Curimataú. O Estado com 167 municípios divide-se em 4 mesorregiões: Oeste do Potiguar, Central Potiguar, Agreste Potiguar, Leste Potiguar; e 19 micro regiões (Figuras 14a e 14b). A base da economia do Estado se constitui da agropecuária e atividades de mineração, sendo os produtos agrícolas de destaque o abacaxi, a cana-de-açúcar, o feijão, o milho, a mandioca, o côco-da-baía e a castanha-de-caju.

Segundo levantamento do potencial agrícola elaborado pelo IBGE, 2006 (Figura 11), o Estado apresenta regiões com condições regulares à agricultura no litoral leste, região central do Agreste e norte da região Oeste Potiguar; áreas de aptidão de regular a boa no sul do Agreste e centro norte da região Central de Potiguar, no centro da região do Oeste Potiguar, aparecem regiões com potencial agrícola de regular a restrito e na região sudoeste da micro região de Mossoró um potencial bom.

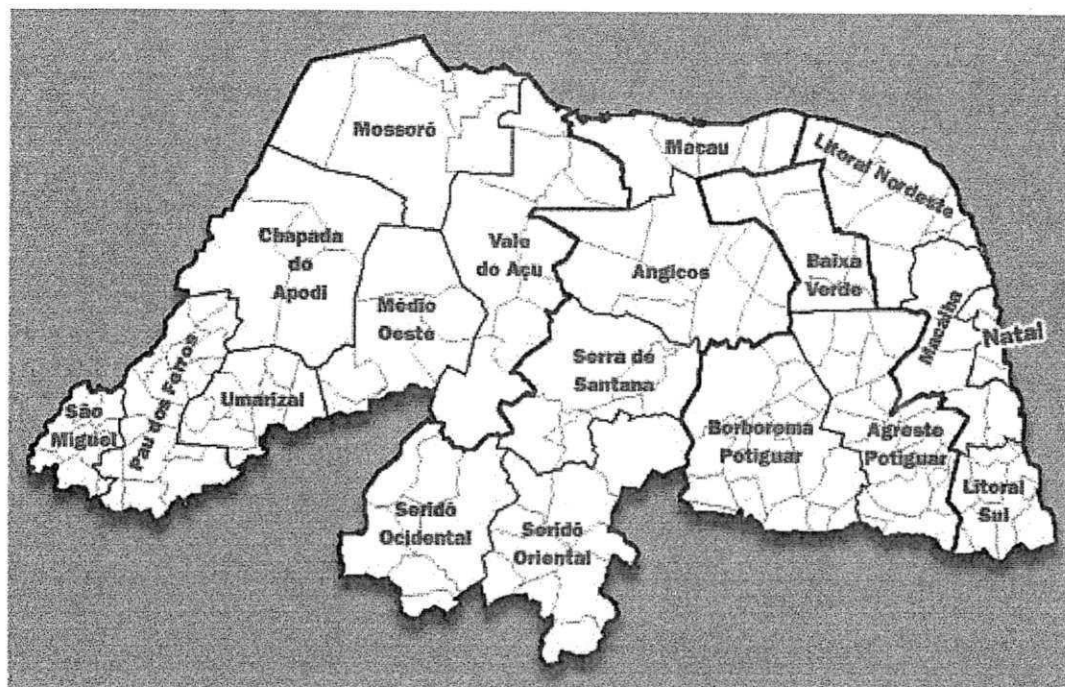


Fonte: Wikipédia, 2006

1. Mesorregião do Oeste Potiguar; 2. Mesorregião Central Potiguar; 3. Mesorregião do Agreste Potiguar; 4. Mesorregião do Leste Potiguar;

**FIGURA 14a – Mesorregiões do Rio Grande do Norte.**





FONTE: Governo do Estado do Rio Grande do Norte, 2006.

**FIGURA 14.b – Micro regiões Rio Grande do Norte.**

Buscando-se a identificação das regiões aptas e a determinação da melhor data de plantio para a cultura da mamona, nos Estados da Paraíba, Pernambuco e do Rio Grande do Norte, elaborou-se um zoneamento agroclimatológico para a identificação na região dos períodos consecutivos com um mínimo de doze decêndios com água disponível (AD) no solo, necessários para o desenvolvimento da cultura da mamona. O zoneamento feito com base decêndial para os níveis de CAD de 100, 150, 200 e 250, possibilitará ao pequeno agricultor, obter informações sobre a viabilidade do plantio da mamoneira em sequeiro naquela região em que se encontra, bem como a escolha da data ideal de semeadura da cultura.

Visando a diminuição do risco de ocorrência de veranicos dentro do período escolhido para o plantio, foram calculadas as probabilidades, através da cadeia de Markov, de ocorrência de no mínimo cinco dias úmidos consecutivos dentro de cada decêndio  $P(5W)$ , caracterizando assim um o decêndio úmido, como aquele que apresente, em cada um destes cinco dias, um volume de AD superior a 50% da CAD escolhida.

A correta identificação do início da época do plantio está extremamente associado ao sucesso da produção. Este fato foi comprovado por Weiss, 1983

(Tabela 9) que verificou uma redução de 19 até 54% na produção de bagas de mamona no Brasil em apenas 15 dias de atraso na data de plantio.

**Tabela 9 – Efeito da data de plantio no rendimento da mamoneira.**

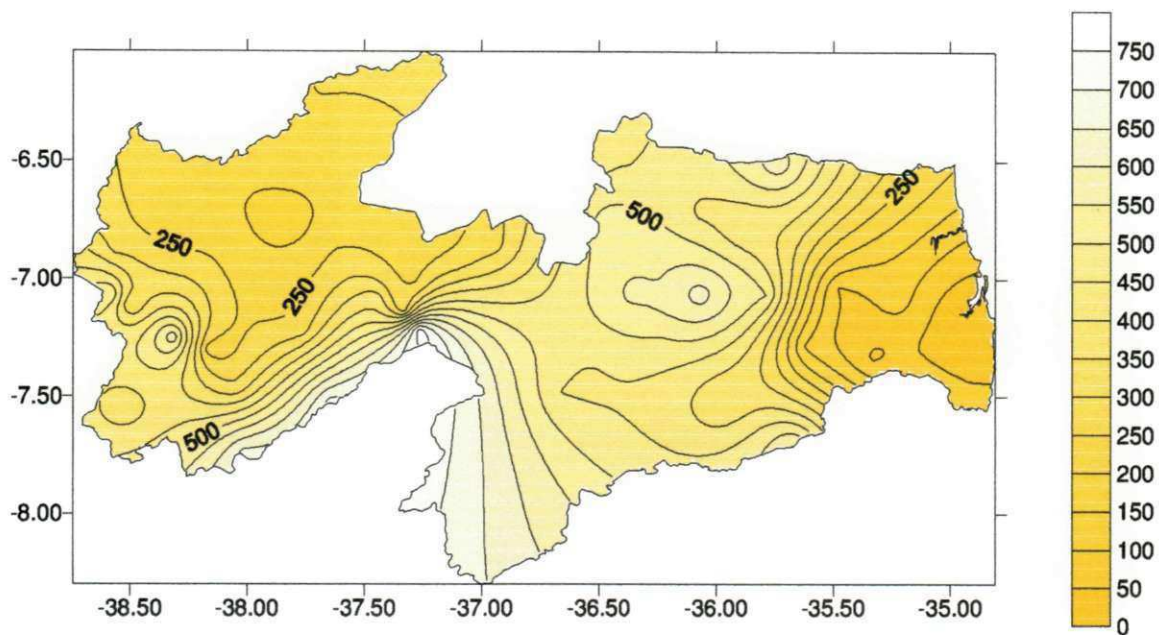
Brasil		Leste Africano	
Data	Rendimento (Kg/ha)	Data	Rendimento (Kg/há)
1 de novembro	2.420	1 de junho	1.269
15 de novembro	1.958	22 de junho	807
30 de novembro	1.711	12 de julho	583
15 de dezembro	790	2 de Agosto	185

Fonte: Weiss, 1983. Tirado de Azevedo et al, 2001

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

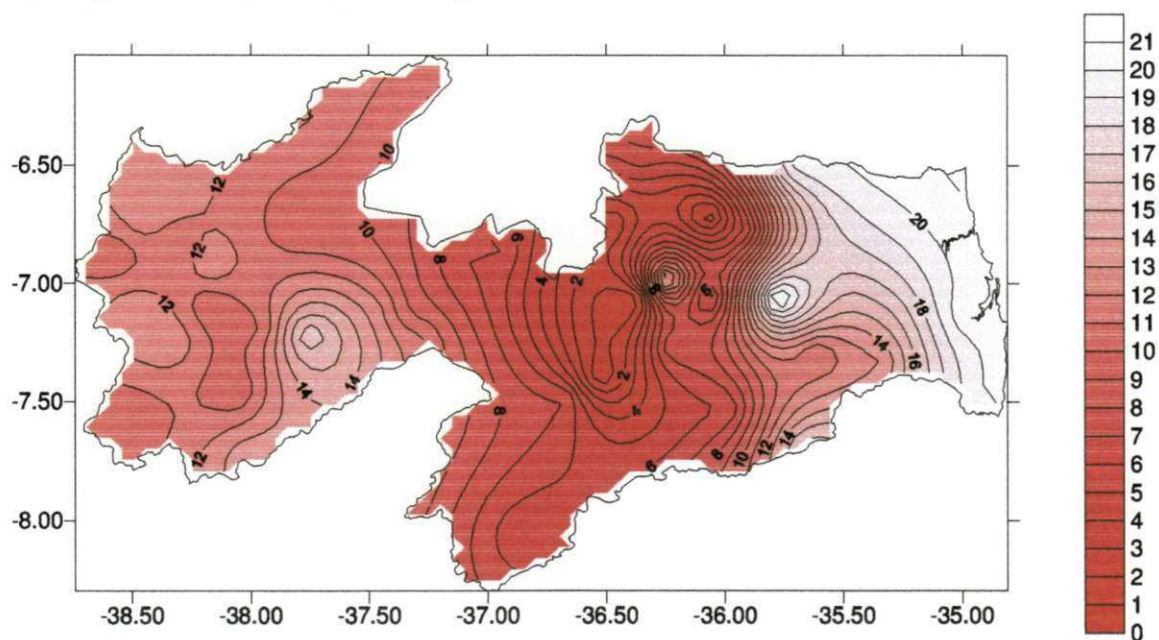
### **4.1. Resultados para o Estado da Paraíba**

De acordo com a literatura consultada, (Amorim Neto et al., 1999, citado por BRISTOT et al., 2004) a mamoneira tem um bom desempenho de produção em altitudes que variem entre 300 e 1500m, sendo assim a hipsometria da região foi apresentada na Figura 15 para a identificação das regiões que atendam a este critério.



**FIGURA 15 - Hipsometria da Paraíba**

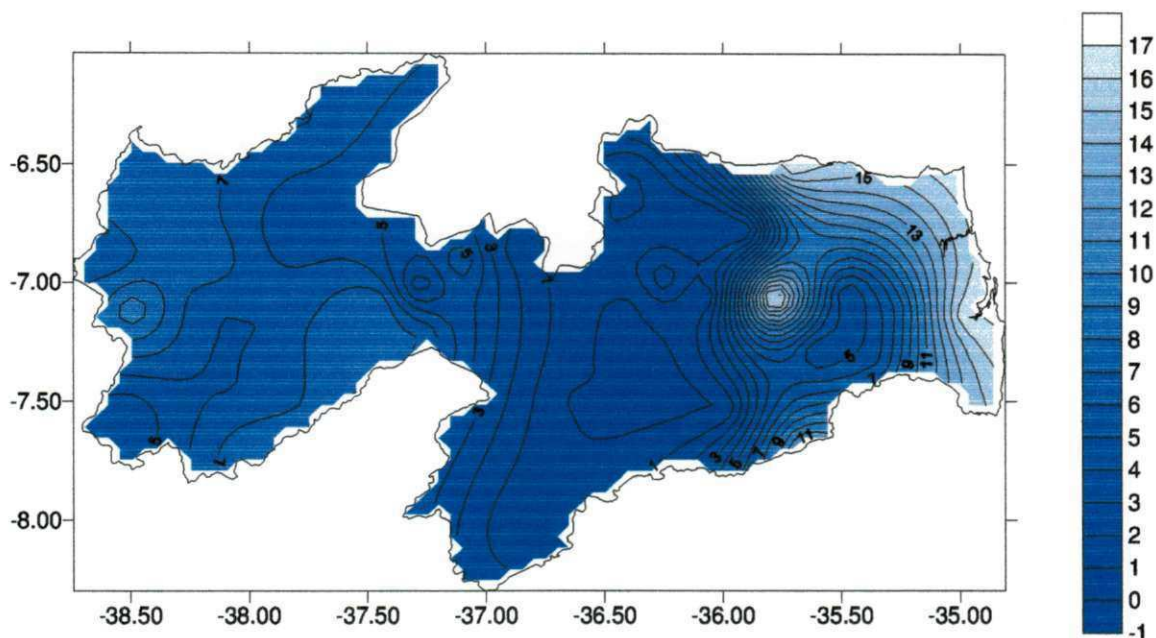
No Estado da Paraíba, com relação a disponibilidade de água no solo para a cultura da mamona, (Figura16) as regiões que se apresentam aptas para o seu cultivo para o nível de  $CAD_{100}$ , são a Zona da Mata, grande parte do centro e leste do Agreste, e regiões localizadas no sudeste, noroeste e oeste do Sertão, abrangendo cerca de 125 municípios,



**FIGURA 16 - Número de decênios com água disponível superior a 50% da  $CAD_{100}$  - Paraíba**



Quando considera-se a distribuição de  $P(5W)$  também para o nível de  $CAD_{100}$  (Figura. 17), tem-se uma redução da área apta para o cultivo, abrangendo apenas as regiões dos municípios que se localizam na parte central e leste da Zona da Mata, norte do Agreste e uma pequena região no centro do Agreste na micro região do município de Alagoa Nova, totalizando 27 municípios aptos.

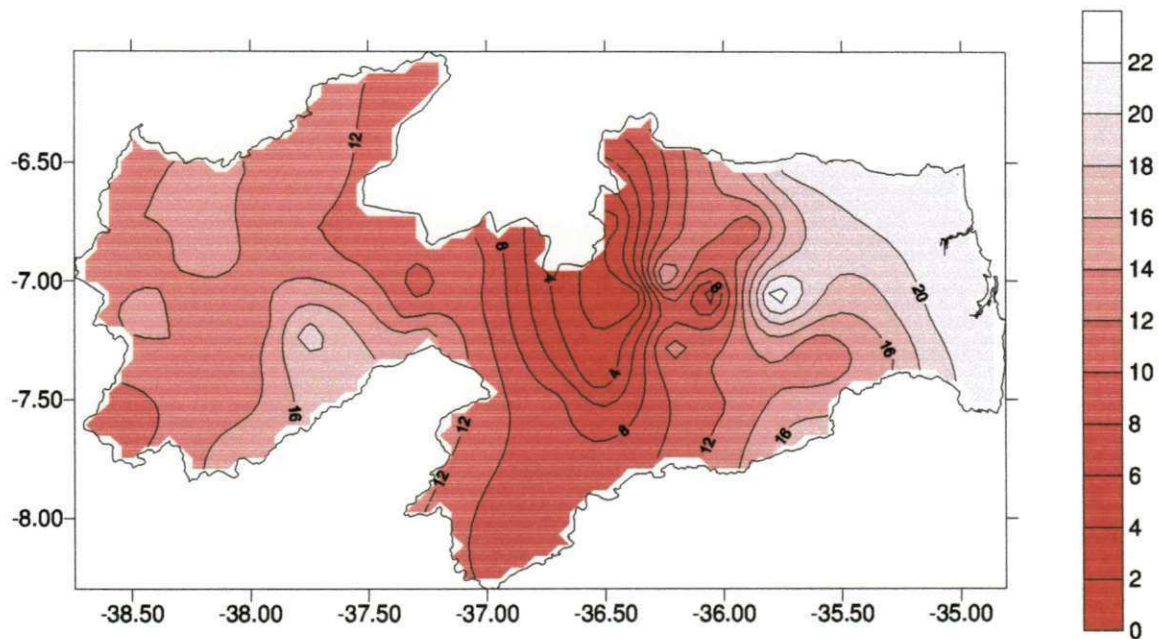


**FIGURA 17 - Número de decêndios com probabilidade de 5 dias úmidos consecutivos  $p(5w)$  -  $CAD_{100}$  - Paraíba**

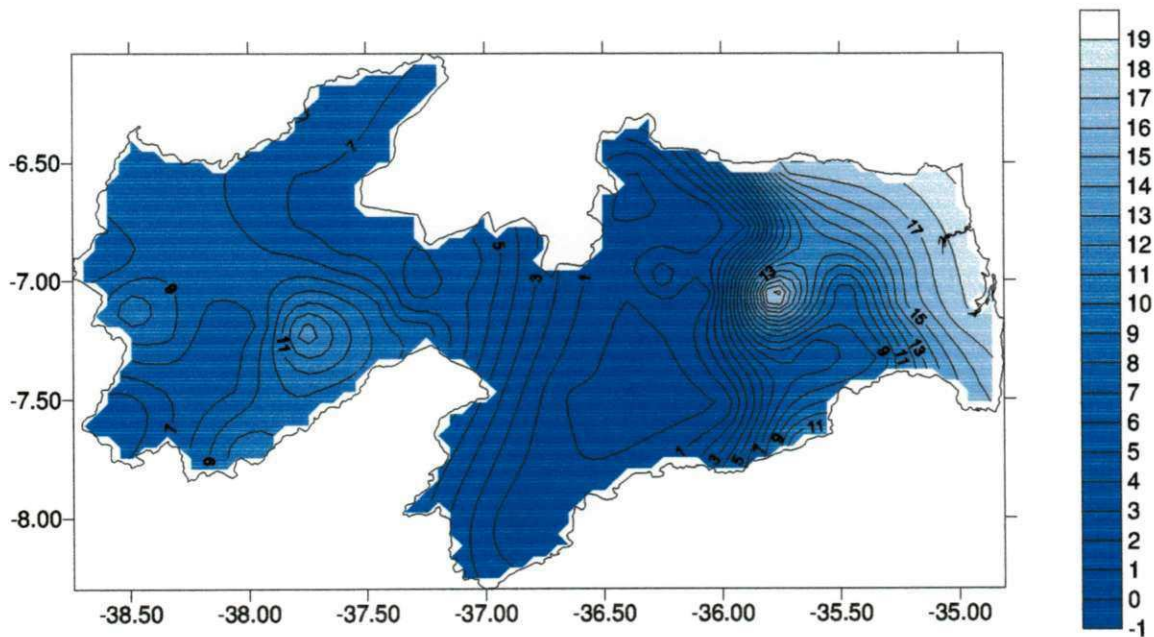
Dentro desta mesma análise da probabilidade, considerando a limitação da cultura em termos de altitude, tem-se uma redução drástica na área ótima para o rendimento da cultura no nível de  $CAD_{100}$ , restringe-se o plantio em sequeiro a uma pequena região no sul do Agreste e a região circunvizinha ao município de Alagoa Nova.

Para  $CAD_{150}$ , (Figuras 18 e 19) observa-se a expansão do território apto em termos de AD, abrangendo agora praticamente toda a totalidade do Sertão, Zona da Mata e Agreste (menos faixa oeste). Mas em termos da probabilidade de cinco dias úmidos esta região se reduz a região da Zona da Mata, centro e norte do Agreste e micro região sobre o município de Olho D'água. Cruzando a última informação com o mapa de hipsometria, temos uma região de rendimento ótimo em sequeiro apenas

numa faixa que se localiza no centro norte do Agreste e município de Olho D'Água. Sendo necessária a irrigação suplementar nas demais regiões do Estado.



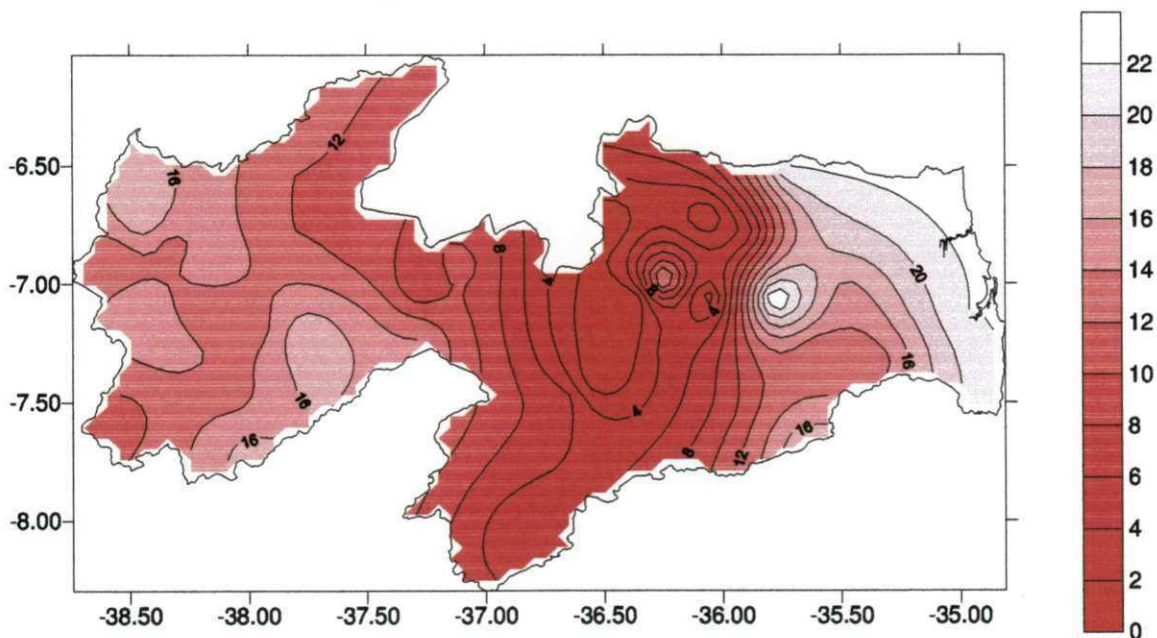
**FIGURA 18 - Número de decêndios com água disponível superior a 50% da CAD  
150 - Paraíba**



**FIGURA 19 - Número de decêndios com probabilidade de 5 dias úmidos consecutivos  $p(5w)$  - CAD<sub>150</sub> - Paraíba**

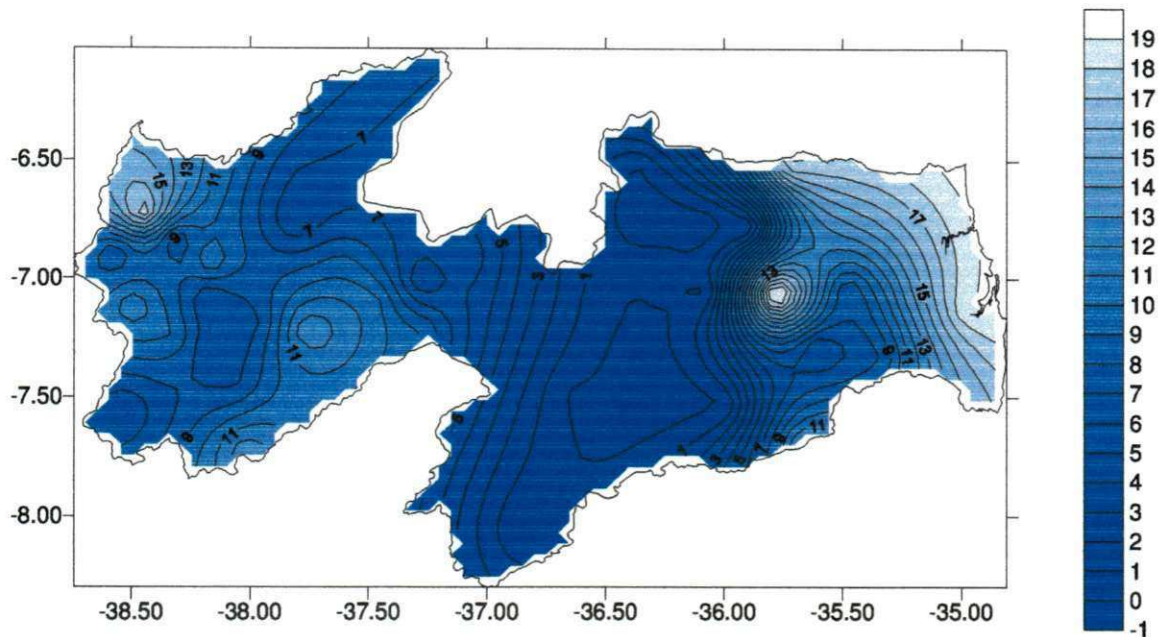


Para o nível de CAD<sub>200</sub>, (Figuras 20 e 21) inicia-se uma leve regressão da área do Estado com a aptidão para a mamoneira se comparado ao nível de CAD anterior, aparecendo assim, áreas aptas no Sertão (menos na faixa leste), Zona da Mata e Agreste (a exceção da faixa oeste). A análise dos períodos com probabilidade de cinco dias úmidos ressaltam as regiões da Zona da Mata, centro e norte do Agreste, micro região sobre o município de Olho D'água e noroeste do Sertão. Cruzando esta informação com o mapa de hipsometria, temos uma região de rendimento ótimo para o cultivo em sequeiro praticamente na mesma faixa determinada anteriormente para o CAD<sub>150</sub>, que se localiza no centro norte do Agreste e município de Olho D'Água. Mais uma vez sendo necessária a irrigação suplementar nas demais regiões do Estado.



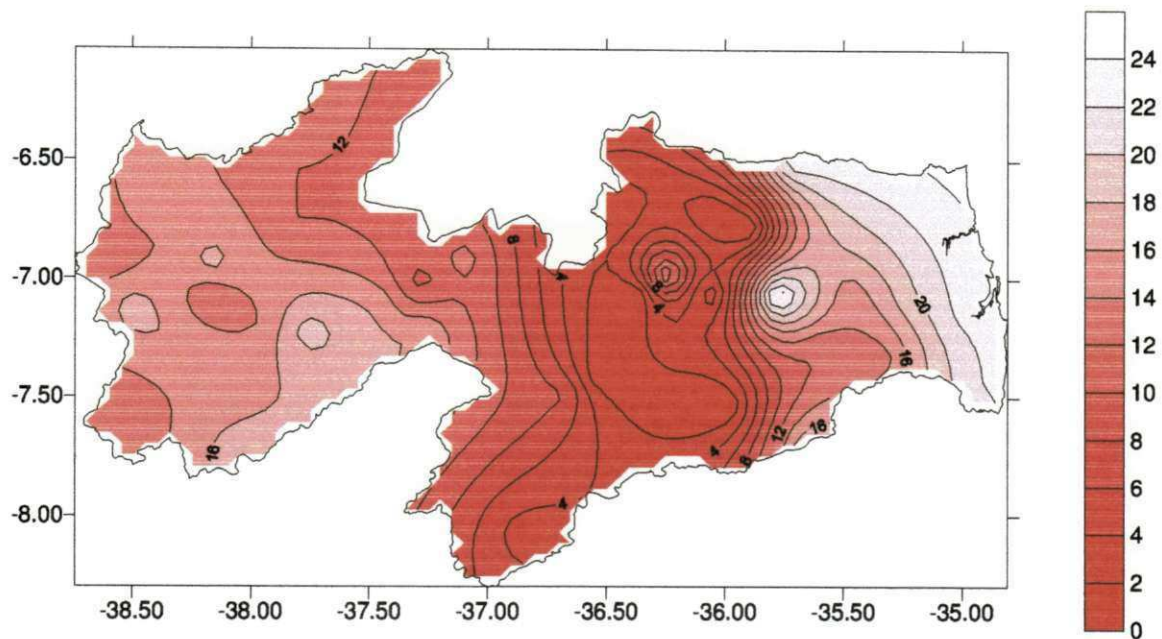
**FIGURA 20 - Número de decênios com água disponível superior a 50% da CAD<sub>200</sub> - Paraíba**



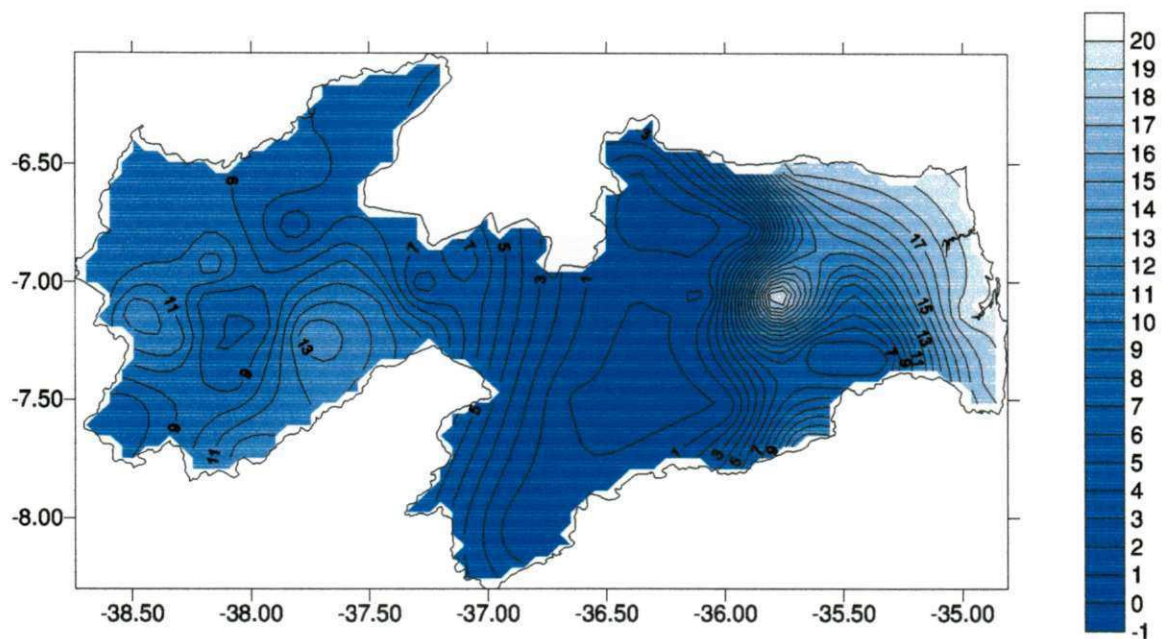


**FIGURA 21 - Número de decêndios com probabilidade de 5 dias úmidos consecutivos  $p(5w)$  - CAD<sub>200</sub> - Paraíba**

A análise dos resultados para CAD<sub>250</sub> (Figuras 22 e 23) mostra a região com água disponível nas regiões do Sertão (menos uma faixa no leste), faixa leste do Agreste e Zona da Mata. As regiões com probabilidade de cinco dias úmidos aparecem na Zona da Mata, centro norte do Agreste e Sertão nas circunvizinhanças dos municípios de Água Branca, Olho D' Água e Jurú, e município de São José do Piranhas. E ao cruzarmos este resultado com a hipsometria esta área é reduzida apenas para a faixa leste do Agreste paraibano.



**FIGURA 22 - Número de decêndios com água disponível superior a 50% da CAD<sub>250</sub> - Paraíba**

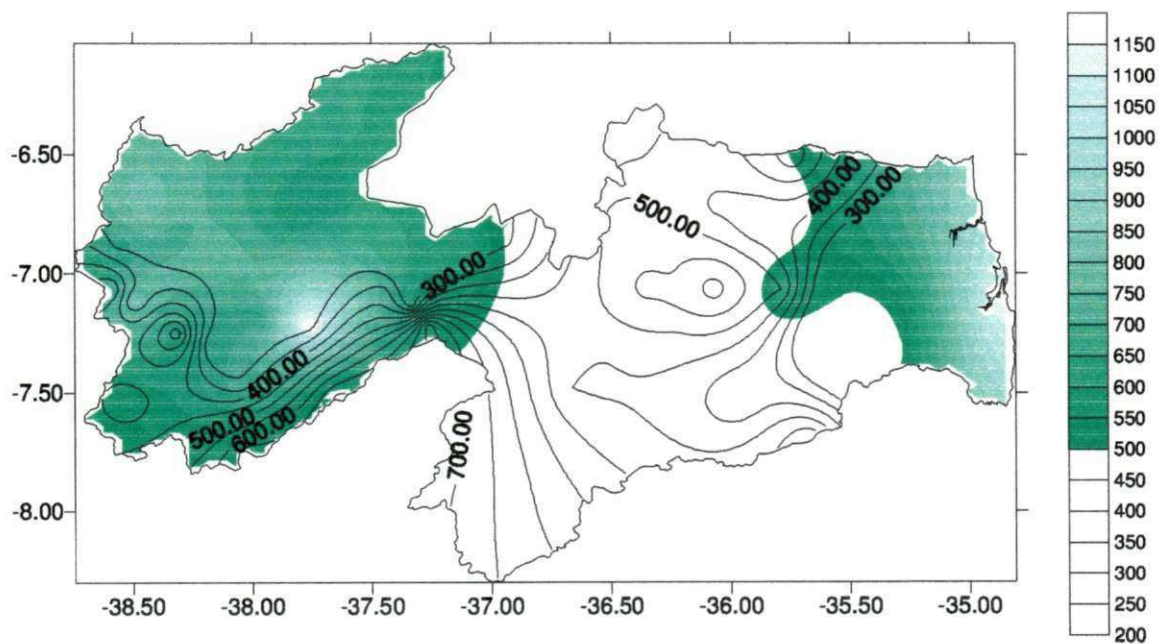


**FIGURA 23 - Número de decêndios com probabilidade de 5 dias úmidos consecutivos  $p(5w)$  - CAD<sub>250</sub> - Paraíba**

Em última estância, analisou-se a distribuição decenal da precipitação. Fez-se uma confrontação dos resultados conseguidos com a identificação das regiões que apresentam um período de precipitação com no mínimo de 500 mm distribuídos



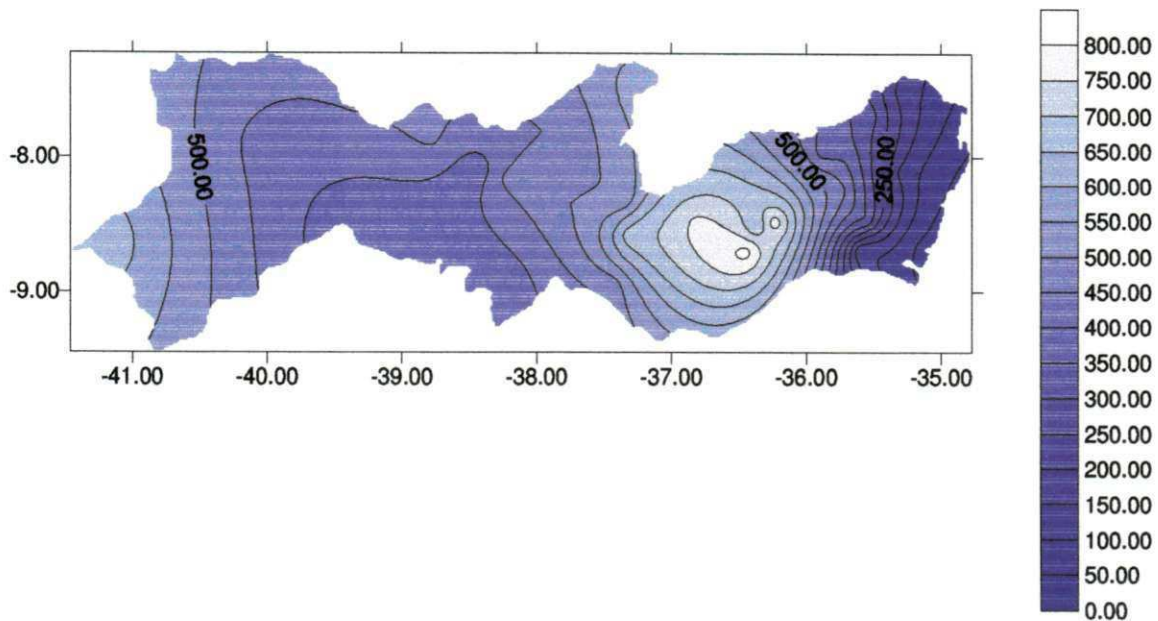
durante 4 meses, de acordo com (Beltrão, 1999; Weiss, 1983). Segundo a distribuição pluviométrica (Figura.22), o Estado mostra aptidão para o cultivo da mamona na Zona da Mata, Sertão e região centro norte do Agreste. Levando em consideração a hipsometria da região (Figura. 24), estaríamos com uma redução de área no Estado para a região central do Agreste e todo sul do Sertão. O resultado conseguido pela distribuição pluviométrica, abrange uma maior área de aptidão pois não analisa a probabilidade de ocorrência das chuvas nem o conteúdo efetivo de água disponível no solo para o uso da planta, ou seja, não considera a evaporação e escoamento no solo. Sendo assim, através somente da precipitação temos pouca confiabilidade em estabelecer a aptidão de uma região para a cultura de sequeiro.



**FIGURA 24 – Distribuição dos totais máximos de precipitação em 12 decêndios consecutivos e hipsometria – Paraíba.**

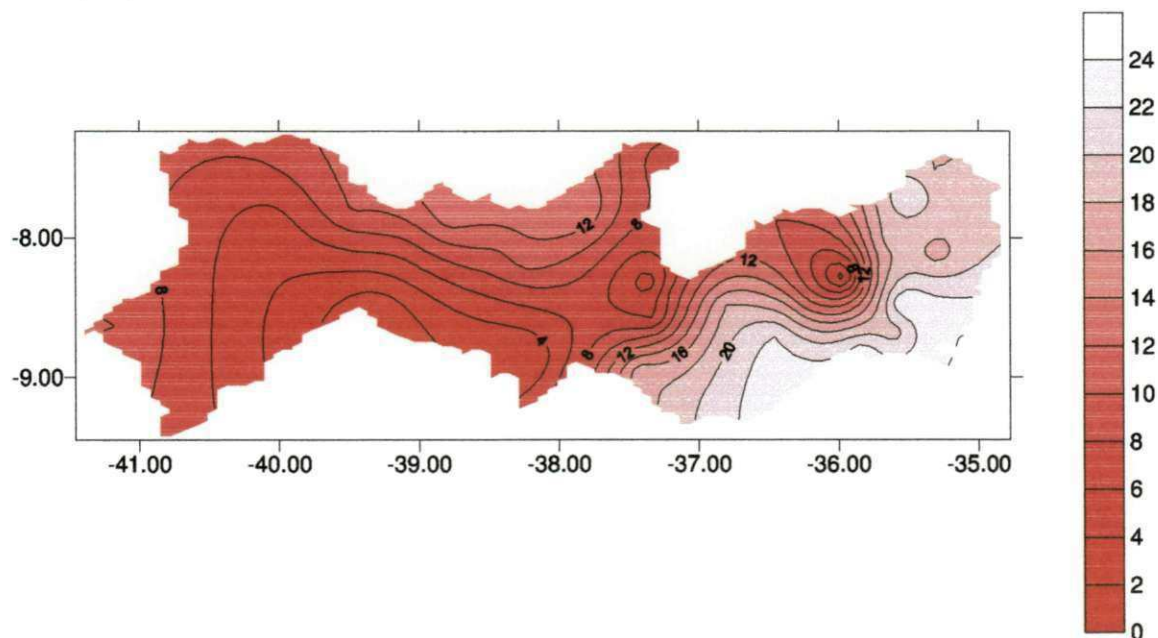
#### **4.2. Resultados para o Estado de Pernambuco**

De acordo com a hipsometria, as regiões ótimas para o bom desempenho da cultura da mamona (entre 300 e 1500m) abrangem todo o Estado á exceção das zonas da Mata e Metropolitana do Recife.



**FIGURA 25 - Hipsometria Pernambuco**

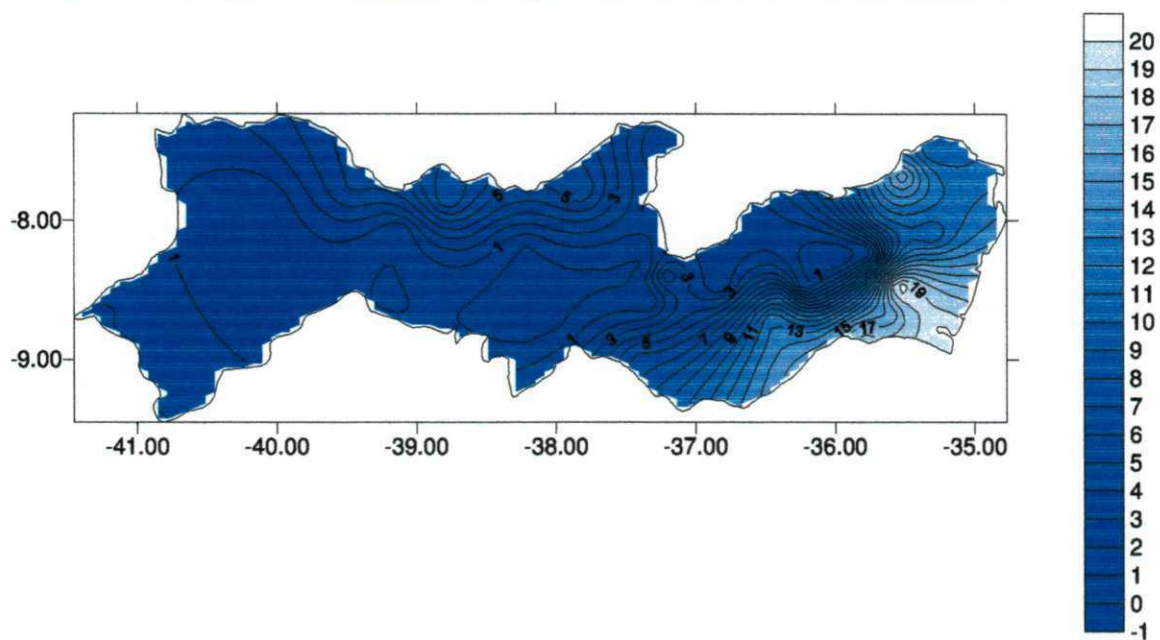
Com relação a disponibilidade de água no solo para a cultura da mamona, (Figura.26) as regiões que se apresentam aptas para a cultura da mamona para os níveis de CAD<sub>100</sub>, abrangem toda a região Metropolitana, Zona da Mata, Agreste e uma pequena área no norte do Sertão.



**FIGURA 26 - Número de decênios com água disponível superior a 50% da CAD<sub>100</sub> - Pernambuco**



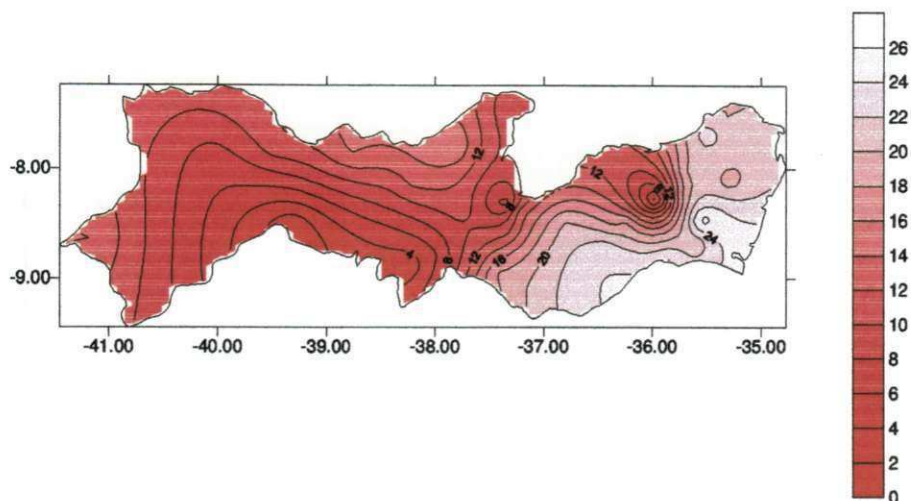
Se analisarmos a disponibilidade no Estado em termos da probabilidade de ocorrência de 5 dias úmidos num decêndio, para o nível de  $CAD_{100}$  (Figura 27), podemos observar uma redução significativa da área para o cultivo. Neste contexto teremos disponibilidade de água para a mamoneira nas regiões Metropolitana, Zona da Mata e região que abrange o leste e o sul do Agreste pernambucano. Considerando-se a restrição de altitude para a mamoneira, haverá uma redução da área ótima para o cultivo da mamoneira, sendo excluído assim as regiões Metropolitana e Zona da Mata. Resultando numa pequena área apta ao cultivo, para o regime de sequeiro, localizada na região sul do Agreste Pernambucano.



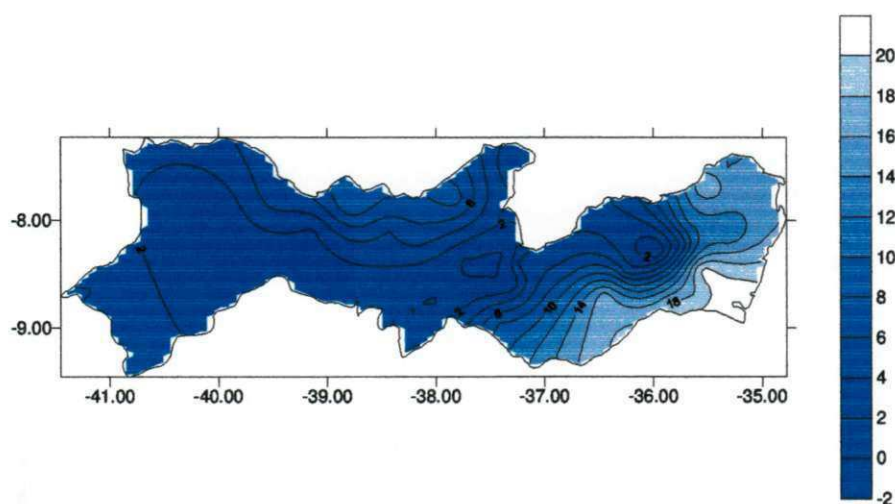
**FIGURA 27 - Número de decênios com probabilidade de 5 dias úmidos consecutivos  $p(5w)$  -  $CAD_{100}$  - Pernambuco**

Para o nível de  $CAD_{150}$ , (Figuras 28 e 29) observa-se uma leve expansão do território apto em termos AD, abrangendo mais área das regiões Metropolitana, Zona da Mata, Agreste e uma área um pouco maior, que aquela do nível de  $CAD_{100}$ , no norte do Sertão. Em termos da probabilidade de cinco dias úmidos consecutivos, com muito pouca alteração do apresentado na condição de  $CAD_{100}$ , teremos disponibilidade nas regiões Metropolitana, Zona da Mata e região localizada no sudoeste do Agreste pernambucano. Se considerarmos novamente a limitação de altitude observamos que a região apta ao sul do Agreste sofreu uma expansão na

direção sudoeste, comparado ao nível de CAD<sub>100</sub>, sendo esta a única com aptidão para o cultivo da mamona em sequeiro para o nível de CAD<sub>150</sub>.



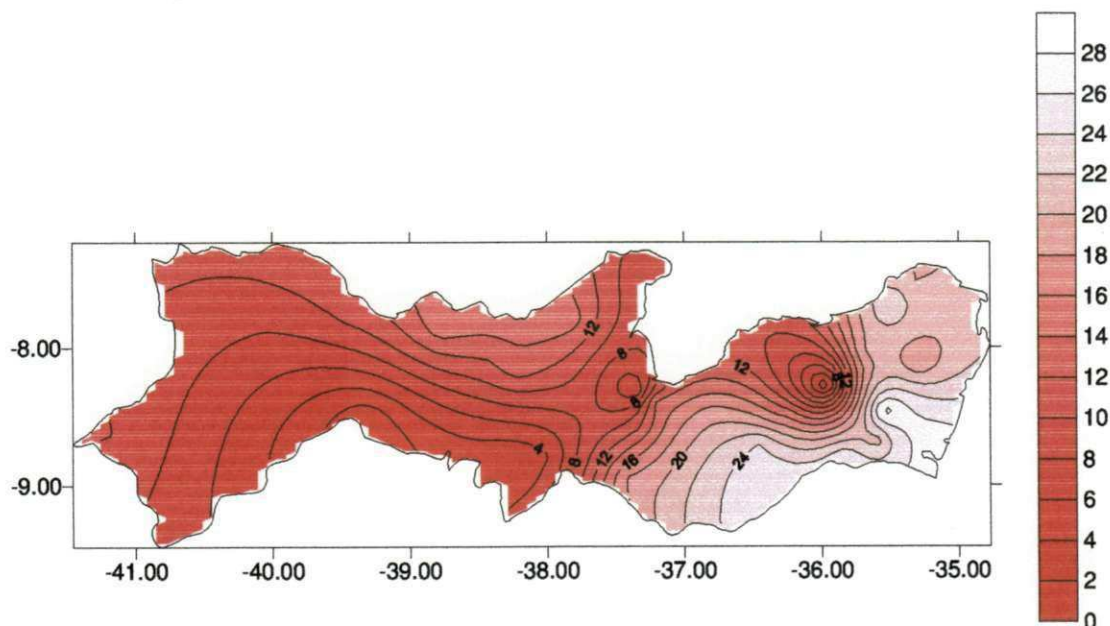
**FIGURA 28 - Número de decêndios com água disponível superior a 50% da CAD<sub>150</sub> - Pernambuco**



**FIGURA 29 - Número de decêndios com probabilidade de 5 dias úmidos consecutivos  $p(5w)$  - CAD<sub>150</sub> - Pernambuco**

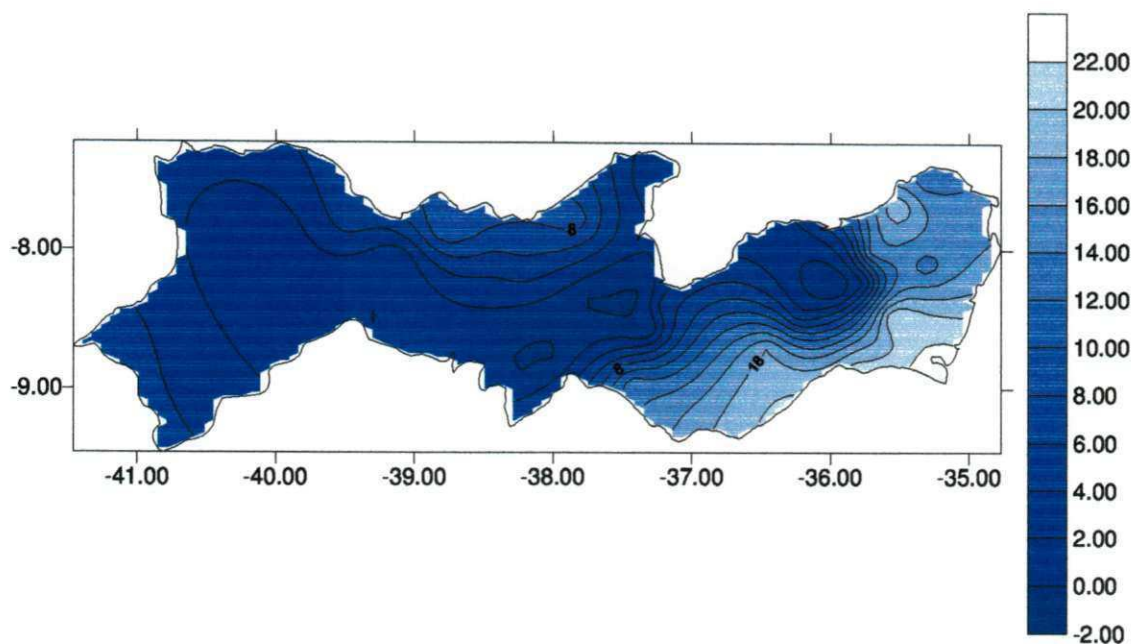
Para o nível de CAD<sub>200</sub>, (Figuras 30 e 31) continua a expansão da área do Estado com a aptidão para a mamoneira, com relação ao nível de umidade anterior (CAD<sub>150</sub>), permanecendo as áreas da região Metropolitana, Zona da Mata e Norte do Sertão. A análise dos períodos com probabilidade de cinco dias úmidos ressaltam de

maneira mais proeminente a expansão da área de abrangência da umidade, neste nível da CAD. A região com umidade disponível ao cultivo da mamona engloba uma região ao norte do Sertão e toda a região Metropolitana, Zona da Mata e Agreste, á exceção de um núcleo que aparece sobre o centro Norte do Agreste. A análise da probabilidade casada com a altitude mostra um acréscimo em área da região apta para o cultivo da mamoneira, que se expande abrangendo todo o centro sul do Agreste e faixa leste do mesmo, e uma nova região que aparece no Norte do Sertão, entre as longitudes de 39°W a 38,5°W.



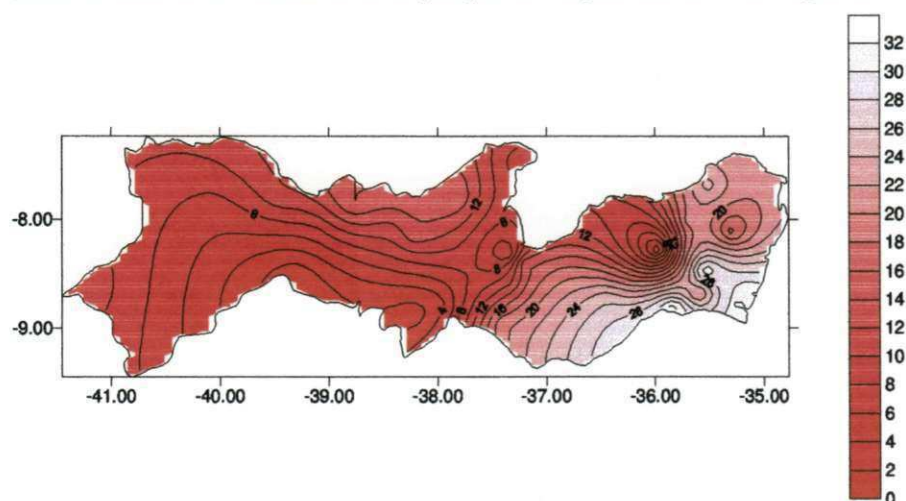
**FIGURA 30 - Número de decênios com água disponível superior a 50% da CAD 200 - Pernambuco**





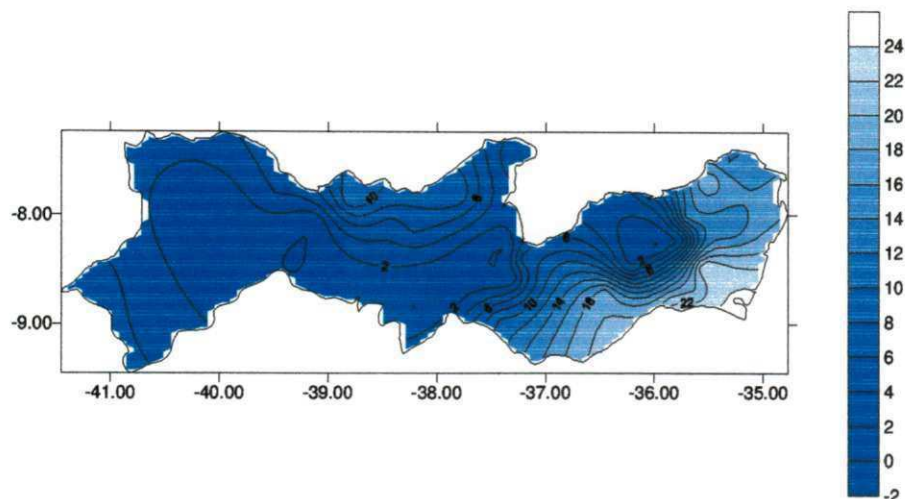
**FIGURA 31 - Número de decêndios com probabilidade de 5 dias úmidos consecutivos  $p(5w)$  - CAD<sub>200</sub> - Pernambuco**

Pouca diferença há na região em termos de AD para os níveis de CAD<sub>200</sub> e CAD<sub>250</sub>. (Figuras 32 e 33) apenas uma leve expansão da área apta ao norte do Sertão, e um pequeno aumento do núcleo seco sobre o centro norte do Agreste. Para o nível de CAD<sub>250</sub>, acontece uma regressão das regiões com probabilidade de cinco dias úmidos: o núcleo seco sobre a região norte do Agreste cresce em direção ao sul e sudoeste, ao mesmo tempo em que a região úmida, que aparece no nível de CAD<sub>200</sub>, ao Norte do Sertão, desaparece para o nível de CAD 250. Seguindo a mesma análise de altitude, feita para os demais níveis, em 250 mm a região apta para o cultivo se reduz a uma pequena região ao Sul do Agreste.



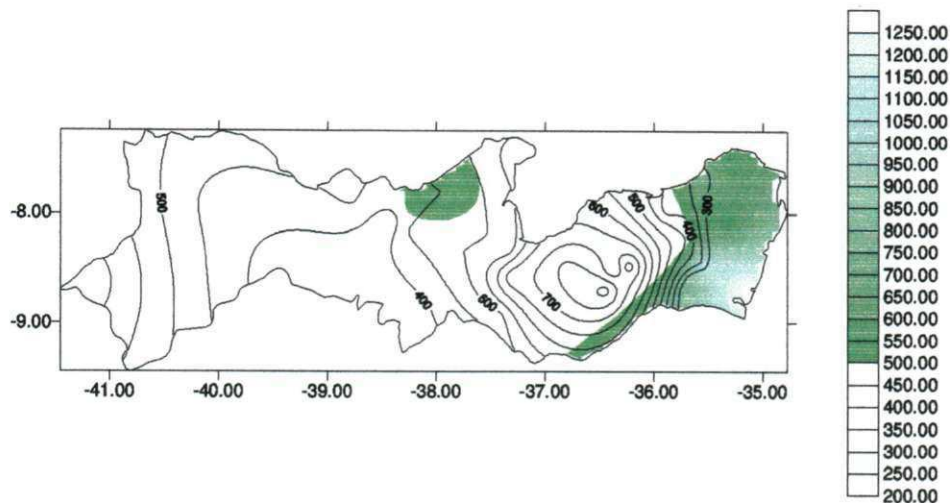


**FIGURA 32 - Número de decêndios com água disponível superior a 50% da CAD<sub>250</sub> - Pernambuco**



**FIGURA 33 - Número de decêndios com probabilidade de 5 dias úmidos consecutivos  $p(5w)$  - CAD<sub>250</sub> - Pernambuco**

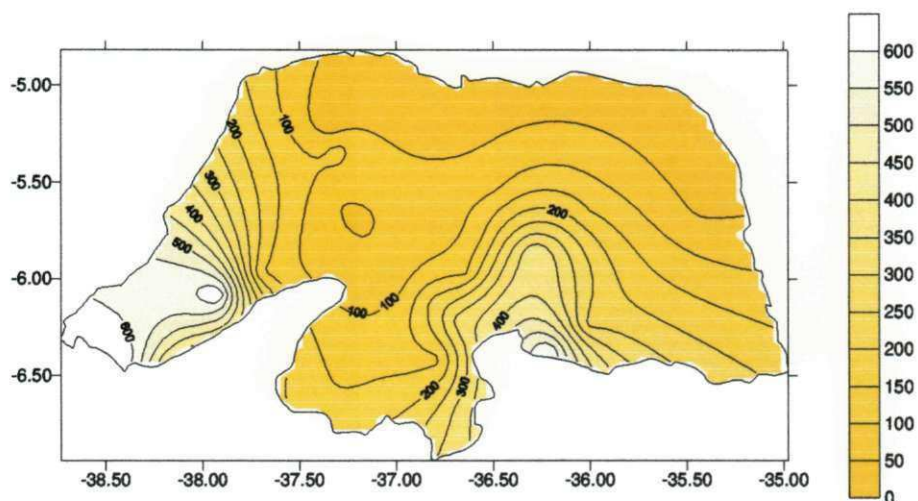
Também para o Estado elaborou-se uma carta com a distribuição dos totais máximos de precipitação ocorridos para um período de 12 decêndios e hipsometria em cada posto (Figura 34), este resultado foi usado para a confrontação com os resultados de  $P(5W)$  para as várias profundidades de solo consideradas. Pela identificação das regiões que apresentaram um período de precipitação com no mínimo de 500 mm distribuídos durante 4 meses e altitudes entre 300 e 1500m (Beltrão, 1999; Weiss, 1983), o Estado mostrou uma pequena região com aptidão para o cultivo da mamona em regime de sequeiro, que corresponde a uma faixa na zona leste e sul do Agreste e um pequeno núcleo no norte do Sertão. Através da análise dos resultados de  $P(5W)$  pode-se constatar que o comportamento da precipitação no Estado é melhor caracterizado pela AD ao nível de  $CAD_{200}$ . Nos demais níveis, para  $P(5W)$ , a área de aptidão que aparece na faixa leste e sul do Agreste pernambucano é sempre mais abrangente pela análise pluviométrica.



**FIGURA 34 – Distribuição dos totais máximos de precipitação em 12 decêndios consecutivos e hipsometria – Pernambuco**

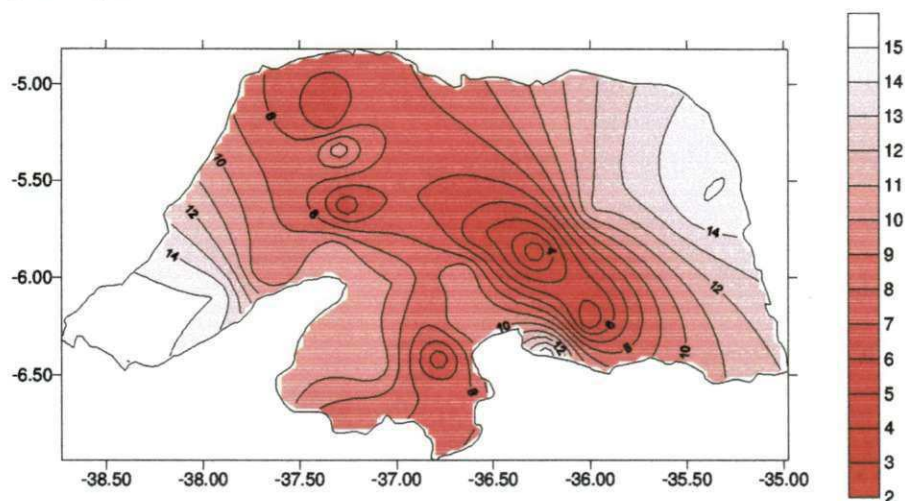
#### 4.3. Resultados para o Estado do Rio Grande do Norte

A restrição do Estado quanto a hipsometria (Figura 35), é bastante proeminente, pois apresenta regiões ótimas para o bom desempenho da cultura da mamona (entre 300 e 1500m ) apenas na região sul do Oeste (abrangendo as micro regiões de São Miguel, Pau dos ferros e Umarizal) e região da Borborema Potiguar. Sendo todas as demais regiões caracterizadas por altitudes inferiores a 300 m.



**FIGURA 35 – Hipsometria do Rio Grande do Norte**

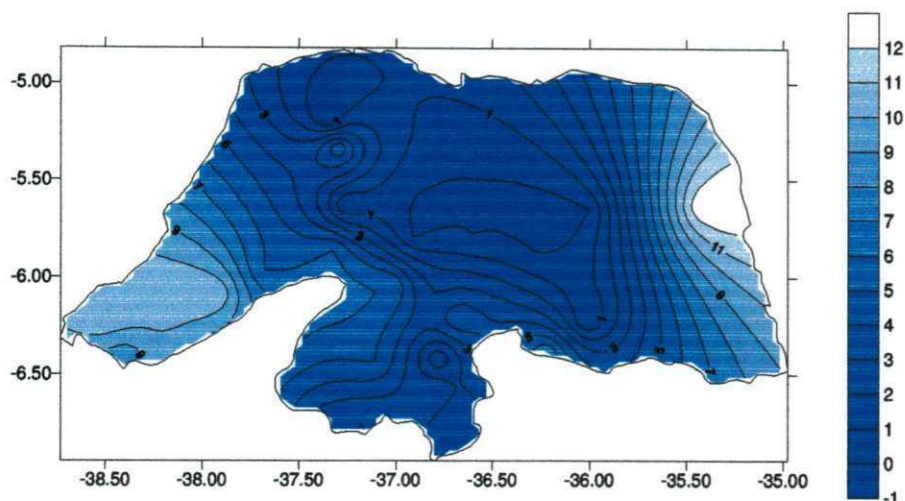
Os resultados de AD no solo para a cultura da mamona, (Figura. 36) para o Estado mostram a existência de apenas duas regiões aptas para a cultura da mamona para o nível de  $CAD_{100}$ , que são o litoral norte do Estado abrangendo as micro regiões do litoral Nordeste, Macaíba, Natal, Baixa Verde e sul da região Oeste Potiguar nas microregiões Umarizal, Pau dos Ferros e São Miguel; a região Metropolitana, Zona da Mata, Agreste e uma pequena área no sudoeste da microregião da Borborema Potiguar. Considerando as limitações de altitude, toda a região sobre o litoral fica impossibilitada para o cultivo com bons rendimentos na produção.



**FIGURA 36 - Número de decênios com água disponível superior a 50% da  $CAD_{100}$  – Rio Grande do Norte**

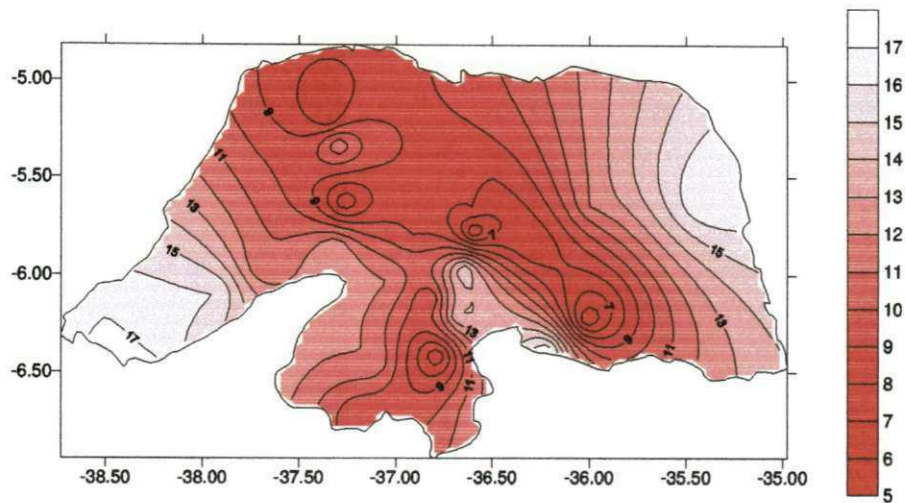
A distribuição de  $P(5W)$  para o nível de  $CAD_{100}$  (Figura 37), mostra que todo o Estado, a exceção de uma pequena região do litoral da microrregião de Macaíba e litoral norte da microrregião de Natal, é inapto para o plantio comercial da mamoneira em sequeiro. Se considerarmos a restrição da altitude, para o nível de  $CAD_{100}$ , não há condições de cultivo em sequeiro no Estado para a cultura da mamona.



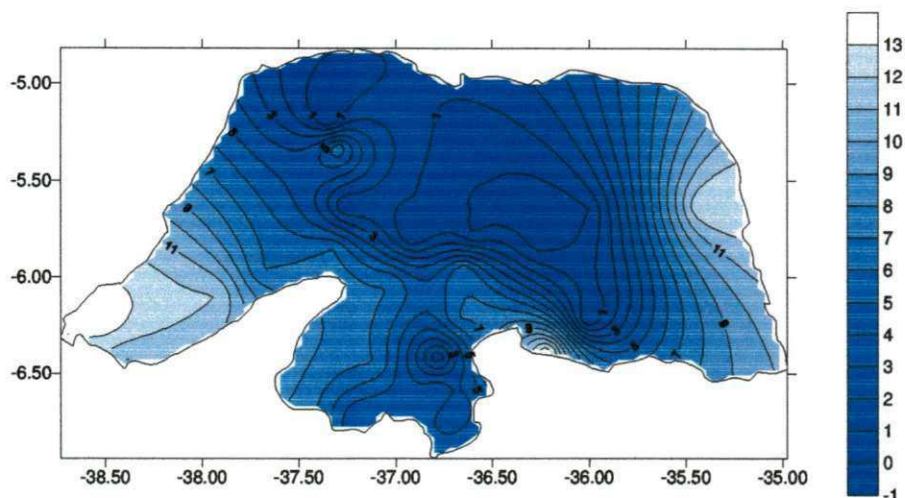


**FIGURA 37 - Número de decêndios com probabilidade de 5 dias úmidos consecutivos  $p(5w)$  - CAD<sub>100</sub> - Rio Grande do Norte**

Para o nível de CAD<sub>150</sub>, (Figura 38) as áreas observadas anteriormente para o nível de CAD<sub>100</sub> aparecem mais expandidas. A faixa litorânea cresce para o interior abrangendo toda a mesorregião do Leste Potiguar e uma pequena faixa a leste do Agreste Potiguar, a região que apresentou-se apta ao sul do Oeste Potiguar, avança para o interior aparecendo uma faixa com aptidão sobre a região sudoeste da região Central Potiguar e o pequeno núcleo que apareceu no sudoeste da micro região da Borborema Potiguar ao nível de CAD<sub>100</sub> expandiu-se no sentido noroeste englobando as áreas que vão desde no norte do Seridó Oriental, oeste de Borborema de Potiguar até a região sul de Serra de Santana. A análise de P(5W) para o nível de CAD<sub>150</sub> (Figura 39) considerando a questão da altitude traz à realidade uma situação um pouco menos rígida, com relação a aptidão para o cultivo da mamona, mostrando dois núcleos que se formam um ao sul da região de Borborema de Potiguar e o outro englobando as microrregiões de São Miguel, Pau dos Ferros e oeste de Umarizal.



**FIGURA 38 - Número de decêndios com água disponível superior a 50% da CAD<sub>150</sub> – Rio Grande do Norte**

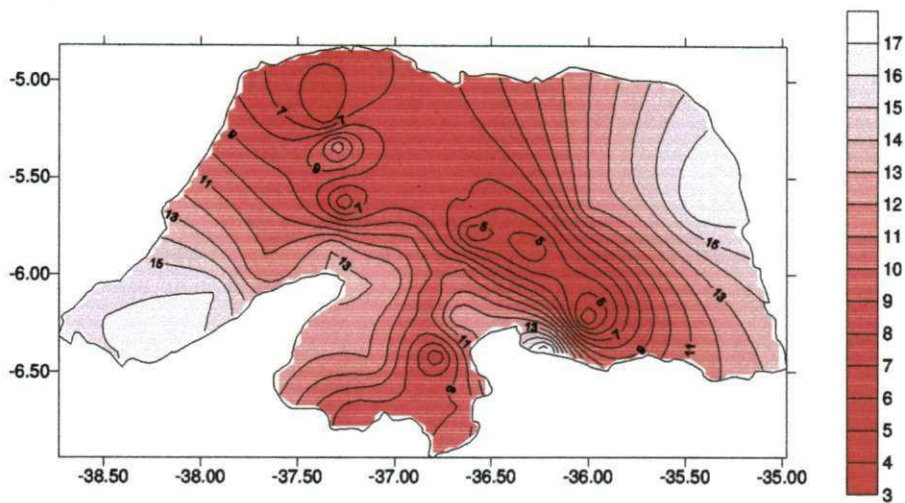


**FIGURA 39 - Número de decêndios com probabilidade de 5 dias úmidos consecutivos  $p(5w)$  - CAD<sub>150</sub> - Rio Grande do Norte**

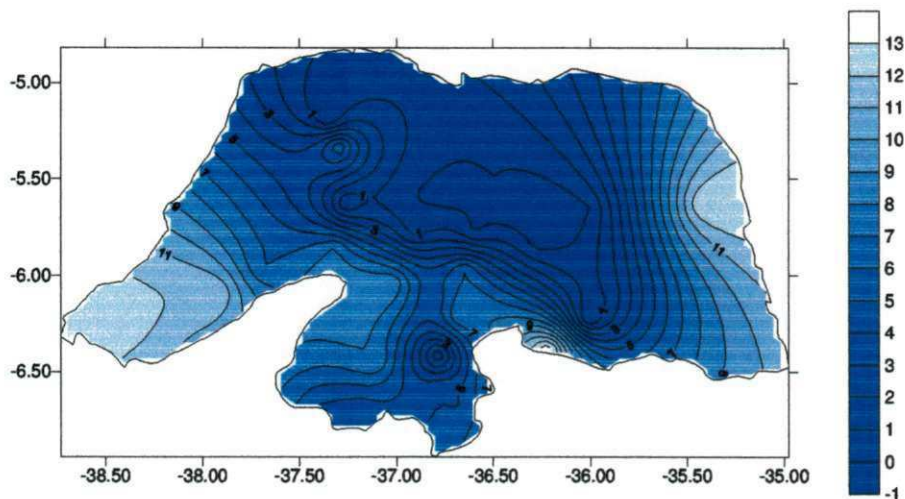
A disponibilidade de água em CAD<sub>200</sub>, (Figura 40) tem um recuo relativo em face ao apresentado no nível de CAD<sub>150</sub> para as regiões localizadas na faixa litorânea, sudoeste da micro-região da Borborema Potiguar e sul do Oeste Potiguar. Em contra partida uma expansão no sentido nordeste, pode ser verificada da região localizada a sudoeste da região Central Potiguar englobando as microrregiões do sul do Vale do Açu e oeste do Seridó Ocidental. Em solos com CAD<sub>200</sub>, considerando a distribuição de  $P(5W)$  e da altitude (Figuras 35 e 41), a área apresentada para o nível anterior de CAD<sub>150</sub> diminui, permanecendo inalterada a



região ao sul da região de Borborema de Potiguar e englobando apenas as micro-regiões de São Miguel e centro oeste de Pau dos Ferros.



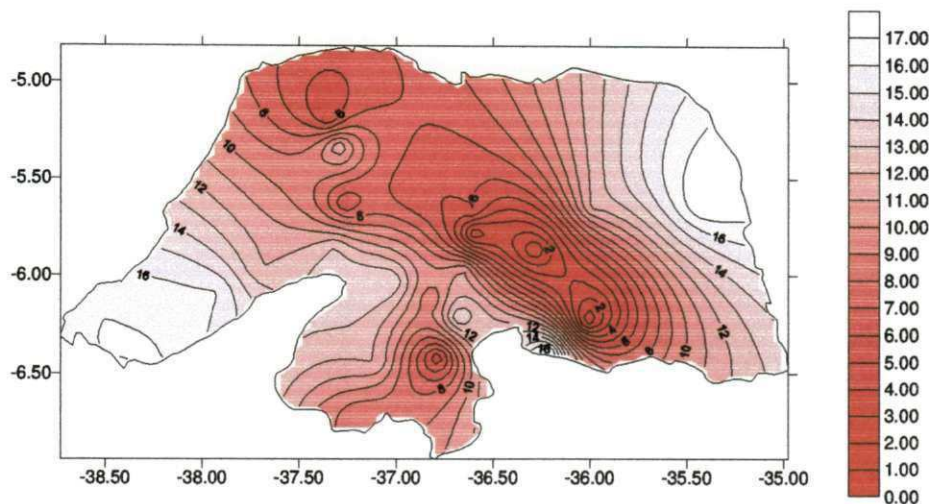
**FIGURA 40 - Número de decêndios com água disponível superior a 50% da CAD 200 – Rio Grande do Norte**



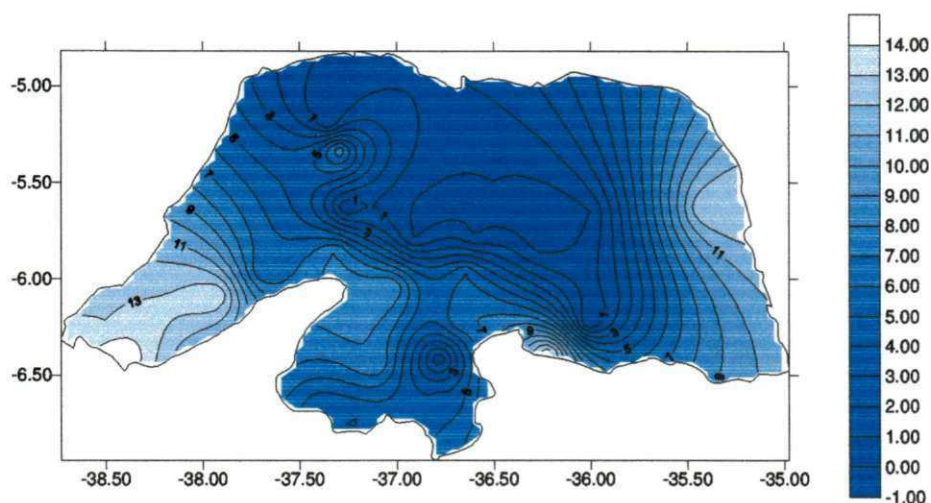
**FIGURA 41 - Número de decêndios com probabilidade de 5 dias úmidos consecutivos  $p(5w)$  - CAD 200 - Rio Grande do Norte**

A distribuição de AD para o nível CAD<sub>250</sub> (Figura 42) apresenta muita similaridade com a distribuição apresentada no nível de CAD<sub>150</sub>, podendo ser observado uma leve expansão das áreas com AD para a cultura da mamona, e o surgimento de um pequeno núcleo com AD na região centro sul de Mossoró. Em termos de P(5W) para solos com CAD<sub>250</sub> e considerando a altitude (Figuras 35 e 43) a expansão de áreas aptas para o cultivo é bastante perceptível sobre a região

sudoeste da mesorregião Oeste de Potiguar. Neste nível, permanece inalterada a área de aptidão sobre o núcleo ao sul da Borborema Potiguar.



**FIGURA 42 - Número de decêndios com água disponível superior a 50% da CAD 250 – Rio Grande do Norte**

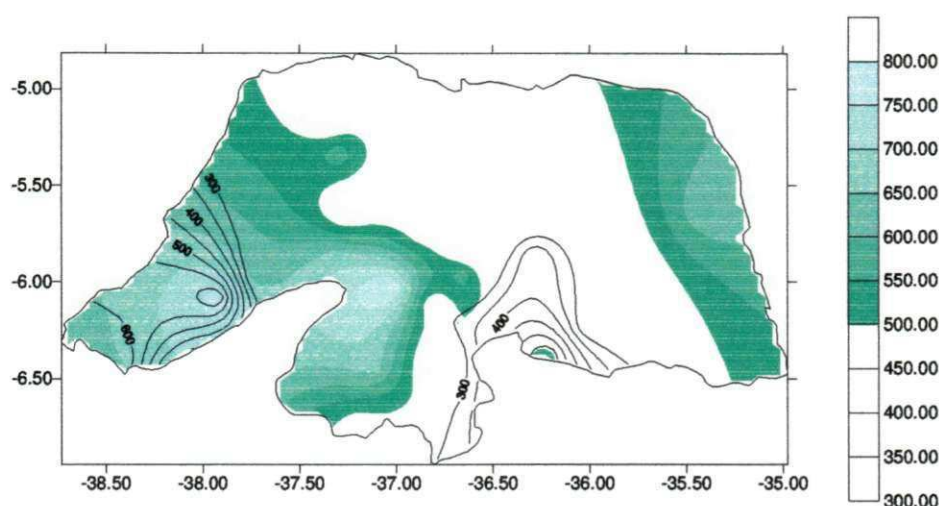


**FIGURA 43 - Número de decêndios com probabilidade de 5 dias úmidos consecutivos p(5w) - CAD 250 - Rio Grande do Norte**

A carta com a distribuição dos totais máximos ocorridos para um período de 12 decêndios em cada posto, elaborada para identificação das regiões que apresentam precipitações acima de 500 mm distribuídos durante 4 meses (Figura. 44), situação considerada apropriadas para o cultivo da mamoneira (Beltrão, 1999 e Weiss, 1983), destaca a região que abrange as áreas da região Leste do Potiguar e leste do Agreste Potiguar, centro e sul do Oeste Potiguar e centro-oeste e sudoeste



da região Central Potiguar. Desconsiderando aquelas regiões que não apresentam altitudes entre 300 e 1500m, reduzimos esta área de aptidão para a cultura da mamona, para as regiões que abrangem o sudoeste do Oeste Potiguar e um pequeno núcleo no sul do Borborema de Potiguar. Este resultado aproxima-se, embora que com áreas mais extensas, da distribuição de P(5W) para o nível de CAD<sub>250</sub>, revelando-nos que o efeito da precipitação no Estado é melhor identificado na análise deste nível de solo.

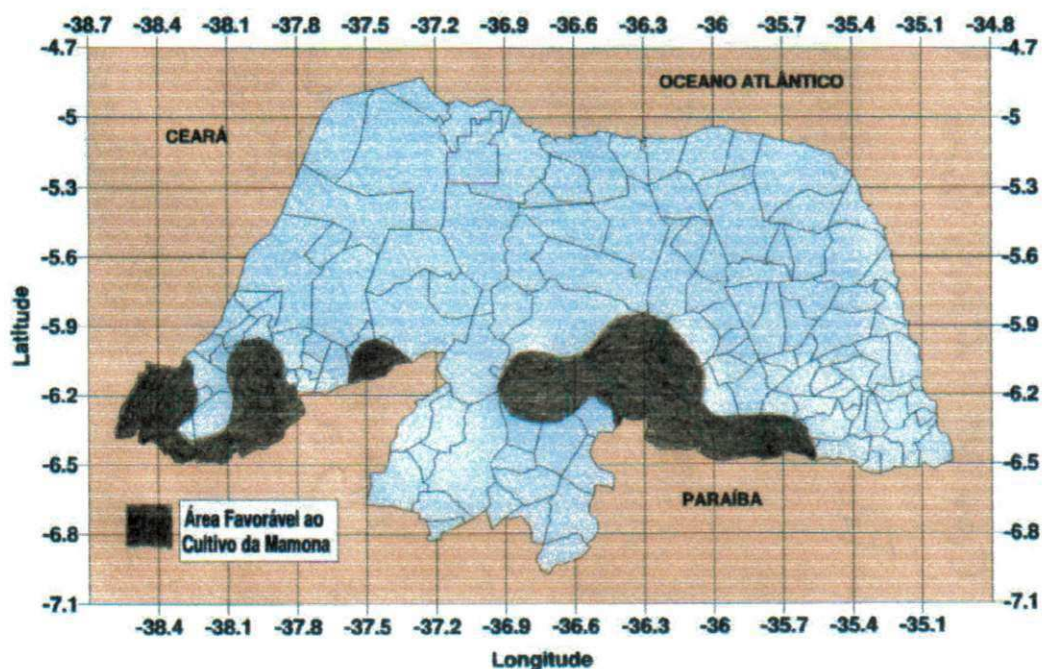


**FIGURA 44 – Distribuição dos totais máximos de precipitação em 12 decêndios consecutivos e hipsometria – Rio Grande do Norte.**

Para efeito de validação da metodologia aplicada no presente trabalho e confronto dos resultados do mesmo com resultados apresentados por outros autores, foi incluído um mapa do zoneamento da mamoneira para o Estado do Rio Grande do Norte (Figura. 45) elaborado por Bristot et al.. (2004), onde as regiões aptas para o cultivo da mamoneira no Rio Grande do Norte, foram determinadas baseando-se em informações de pluviometria anual, relevo e temperatura do ar. Onde, apresenta-se como aptas para o cultivo da mamoneira em sequeiro as microrregiões de Serra de Santana, Serra de São Miguel, Umarizal, Pau dos Ferros, Borborema do Potiguar e parte da microrregião do Seridó Oriental (Figura 45). Este resultado se aproxima dos conseguidos para o Estado de acordo com os valores de P(5W) para o nível de CAD<sub>200</sub>. Mesmo tendo apresentado uma maior extensão em área apta do que aquela apresentada para P(5W), a localização das regiões aptas são similares. A diferença em extensão é explicada pelo fato de estar-se trabalhando



com a probabilidade de ocorrência da AD no solo, fato que reduz significativamente a região propícia ao cultivo em sequeiro, no entanto confere ao agricultor uma maior segurança quanto a não ocorrência de veranicos durante a época do plantio.



**FIGURA 45 – Resultado de Zoneamento segundo Bristot et al, 2004**

## 5. CONCLUSÕES

Contrariando a crença de que a mamoneira é uma planta totalmente adaptada a regiões áridas, foi mostrado o grande percentual de perda de produção pela falta de água durante o seu ciclo de desenvolvimento. Segundo informações apresentadas pelo Ministério da Agricultura, (2006), pode-se ver claramente, que a perda de produção em decorrência da variabilidade climática na região Nordeste, pode chegar a 87%. Ao contrário do que se imagina, a mamoneira é uma cultura extremamente exigente em termos de água durante praticamente todo o seu ciclo vegetativo, á exceção da época da colheita onde o excesso de água prejudica a maturação dos frutos. Sua fama de fácil adaptabilidade á região, deu-se provavelmente pelo fato de ser uma planta com exigências de altas temperaturas e altitudes médias.

Com a espacialização dos resultados conseguidos para AD e P(5W) e através da análise da distribuição de hipsometria, uma vez que a região não apresenta restrições quanto a temperatura adequada para a mamoneira, verificou-se para cada Estado, para o nível de CAD<sub>100</sub>, CAD<sub>150</sub>, CAD<sub>200</sub> e CAD<sub>250</sub> quais as regiões aptas (que apresentam condições propícias para um bom rendimento na produção de bagas) para o plantio da mamoneira em regime de sequeiro. O resultado final do zoneamento do período de cultivo para a mamoneira dos Estados da Paraíba, Pernambuco e Rio Grande do Norte, mostrou uma grande limitação em área apta para o cultivo em sequeiro nestas regiões.

Da análise das informações obtidas, foi possível a elaboração e uma "radiografia" regional da aptidão de cada Estado para a cultura. Dentre as observações registradas na discussão dos resultados, destacam-se as mais relevantes: verificou-se que o Estado da Paraíba, para todos os níveis de CAD estudados, não apresenta uma condição de umidade do solo adequada para suprir as necessidades hídricas necessárias ao cultivo da mamoneira em regime de sequeiro, em todo o ciclo crítico de desenvolvimento da cultura, sendo necessário, especialmente para o nível de CAD<sub>100</sub>, suplemento de irrigação em quase toda a extensão do Estado, a exceção da parte leste da Zona da Mata e região central do Agreste que circunda o município de Alagoa Grande. Junta-se a este fato, o agravante de que na Zona da Mata aparecem restrições de altitude, (fora da faixa ideal: entre 300 a 1500 metros) para um bom rendimento da mamoneira; Já o Estado de Pernambuco apresentou condições mais favoráveis ao cultivo da mamoneira em sequeiro no Agreste, para o nível de CAD<sub>200</sub>, regiões que circundam os municípios de Cumarú, Jucati, Itaíba, Machado e Timbaúba. Nas demais áreas do Estado, apareceram restrições quanto a disponibilidade de água e ou altitude.

No Rio Grande do Norte a produção da mamona em sequeiro, para todos os níveis de CAD, é restrita apenas a uma pequena região no sudoeste do Estado, em torno das localidades de São Miguel, Luiz Gomes e Martins sendo essencial a prática da irrigação suplementar para a viabilização desta atividade nas demais regiões do Estado.

A identificação da data provável de plantio foi a preocupação principal abordado no tema deste trabalho. E para a identificação da época de plantio, foram elaborados gráficos (Anexo 2 a 4) indicando o início e a duração, para cada estação, do período com disponibilidade de água para a cultura. Observou-se uma grande

---

variabilidade da data de início da época de plantio para cada estação. Sendo necessário a consulta das Tabelas e/ou dos gráficos da distribuição decendial da AD (Anexo 1 a 4), para escolha da data provável para a semeadura, que deve ser aquela que inicia o primeiro decêndio com  $P(5W)$  superior a 75%, de uma série mínima de 12 decêndios úmidos consecutivos. Desta maneira, se um agricultor deseja cultivar a mamoneira em regime de sequeiro em Araruna – PB, obtendo o máximo de rendimento na produção de sementes, ele pode escolher, considerando o nível de  $CAD_{100}$ , iniciar o cultivo no 10º decêndio do ano (Anexo 2 – Figura 2.15), ou seja, segunda quinzena de Abril. Se por exemplo, o município for São José de Piranhas - PB (Anexo 2 – Figura 2.18), o cultivo deve iniciar no 5º decêndio do ano com a necessidade de uma programação de irrigação suplementar para o mês de Agosto, quando não haverá garantia alguma de umidade no solo.

Estes resultados poderão também ser utilizados para outras culturas, bastando para isso a identificação da necessidade hídrica da mesma para a adequação de seu ciclo fenológico aos períodos com disponibilidade de água apresentados nas Tabelas de  $P(5W)$  (Anexo1).

Verificou-se também que as áreas aptas encontradas para a culturas foram bem menores do que aquelas apresentadas por zoneamentos elaborados tomando como base a identificação do volume anual da precipitação. Pelo fato de se estar trabalhando com a água disponível no solo para a planta, a chuva que ocorre na região pode não refletir efetivamente no conteúdo de água que ficará disponível. Fazendo com que a contabilização da precipitação, incorra na identificação de uma região mais extensa, mas que não necessariamente apresente um volume de água efetivo no solo para a cultura.

Uma vez que todos os resultados são conseguidos com base em “probabilidade de ocorrência”, é pertinente o comentário de que não existe garantia plena do sucesso da plantação, mesmo que sejam seguidas a risca as recomendações da correta data de plantio aqui apresentada. Mas dentro de uma faixa de 75% de probabilidade de acerto da data ideal para o plantio, podemos dizer que as informações apresentadas possibilitarão ao agricultor minimizar o risco de perdas de produção para a mamoneira, como também eliminar a rega desnecessária, evitando desta forma o desgaste excessivo do solo e dos recursos hídricos tão escassos em tais regiões.

### **5.1. Sugestões para trabalhos futuros**

Diante de um quadro de inúmeras adversidades climáticas, físicas e econômicas em que o Nordeste se traduz, é de suma importância a continuidade dos estudos em prol de um desenvolvimento rural sustentável para a região. E dando continuidade a tais investigações, sugiro que sejam realizados trabalhos no sentido de:

- Analisar os demais Estados para identificação da melhor data de plantio para mamoneira e outras culturas;
- Complementar o estudo, incluindo o levantamento hídrico de cada Estado, para viabilizar o suprimento de irrigação necessário para o período sem disponibilidade de água no solo, possibilitando assim a expansão da área adequada para o cultivo; Estudar o impacto sócio-econômico trazido pela implantação de um zoneamento agroclimatológico na região;
- Uma vez que foi observado nos resultados apresentados, para todos os Estados, que a área de aptidão para o nível de CAD<sub>200</sub>, foi geralmente superior aquelas apresentadas nos demais níveis, indicando uma maior disponibilidade de água para este nível, sugere-se um maior aprofundamento na questão do perfil do solo no estudo do zoneamento para as culturas.

## 6. REFERÊNCIAS

ADASR – Ancient Desert Agriculture Systems Revived, 2006. Disponível em <http://www.mnemotrix.com/adasr/>, acessado em fevereiro de 2006.

ALFONSI, R. R., CAMARGO, P. B. M., CHIAVEGATTO, P. D. M. O., JUNIOR, P. J. M., ORTOLANI, A. A. & BRUNINI, O. Zoneamento agrícola do Estado de São Paulo. In: VI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Maceió, 39-40, 1989a.

ALFONSI, R. R., CAMARGO, P. B. M., CHIAVEGATTO, P. D. M. O., JUNIOR, P. J. M., ORTOLANI, A. A. & BRUNINI, O. Simulação de épocas de plantio baseado no atendimento da demanda hídrica para as culturas de soja, milho e arroz de sequeiro no Estado de São Paulo. In: VI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Maceio, 34-35, 1989b.

ASSIS, S. V. – *Notas de aula da DISCIPLINA: Agrometeorologia - Unidade 9: FENOLOGIA - Ministério Da Educação. Universidade Federal de Pelotas.* Faculdade de Meteorologia. Departamento de Meteorologia, Pelotas, Rs. Acessado em maio de 2004 - [http://minerva.ufpel.edu.br/~assis/agro/agro\\_09.doc](http://minerva.ufpel.edu.br/~assis/agro/agro_09.doc)

AZEVEDO, D.M.P.; LIMA, E.F.; BATISTA, F.A.S. et al. **Recomendações técnicas para o cultivo da mamoneira (*Ricinus communis* L.) no Nordeste do Brasil.** Campina Grande, PB: MAARA/Embrapa-CNPA, (Circular técnico, 25), 52p, 1997.

AZEVEDO, D. M. P. de, e LIMA, E. F., *O agronegócio da mamona no Brasil*, Embrapa Algodão (Campina Grande, PB). – Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 350p.:il.;22cm, 2001.

AZEVEDO, P. V. de, MACIEL, G. F. **Estação de cultivo e Época de Semeadura para o algodão Herbáceo na região de Souza – PB**, Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 81-85, 1993.

AZEVEDO P. V. de, **ZONEAMENTO AGRÍCOLA**. Notas de aula da disciplina: METEOROLOGIA E CLIMATOLOGIA AGRÍCOLAS. Curso de doutorado de Recursos Naturais – UfCG. 2003

BAIER, W., & G. W. ROBERTSON. A new versatile soil moisture budget. **Canadian Journal of Plant Science**. 46: 299-315, 1966.

BASTOS, E. J. de B. & AZEVEDO, P. V. de, **Determinação dos regimes de precipitação no Estado da Paraíba**, In: I Congresso Interamericano de Meteorologia, IV Congresso Brasileiro de Meteorologia, Belo Horizonte, Sociedade Brasileira de Meteorologia, 1986. v.1. p129-134.

BELTRÃO, N.E.M., **O agronegócio do algodão no Brasil**, Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. p.87-109.

BRISTOT, G., PINHEIRO, J. U., NEVES, J. A., **Zoneamento para a cultura da mamona no Rio Grande do Norte segundo a pluviometria anual, o relevo e a temperatura do ar**, I Congresso Brasileiro de Mamona, Campina Grande – PB, 23 novembro de 2004

BUENO, F. da S., Dicionário Escolar da língua portuguesa, Rio de Janeiro, FAE, 1992.

CARVALHO, O. de, **A Economia Política do Nordeste – Seca, Irrigação e Desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Campus; Brasília: ABID – Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem. 505 pp, 1988.

CARVALHO, D. F., OLIVEIRA, M.A.A. de, SOUZA, S.A.V. de, CARVALHO, P.O.L. de, **Estimativas de Ocorrência de Veranicos em Seropédica, Vassouras e Pirai (RJ), e Suas Influências na Cultura do Feijão**. Cienc. e Agrotec., Lavras. v.23, n.2, p.323-330, abr./jun., 1999.

CAVALCANTI, E. P. & SILVA, E. D. V., **Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais**, ANAIS, VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia - II Congresso Latino-Americano e Ibérico de Meteorologia. Belo Horizonte - MG, 1994. Vol. 1, 154 - 157p.

FORMAYER H, S. ECKHARDT, M. LEXER, P. HAAS. **Frequency of Dry Spells Defined by Thresholds of Accumulated Potential Evapotranspiration Sums (PETs) in Austria**. Institute of Meteorologie and Physics BOKU, Institute of Silviculture BOKU, Bioclimatology Department of Ecology Technical University of Munich. Disponível em: IAC-ETH: ICAM / MAP, 05.08.2003, Brig, Switzerland; Poster Presentation, 1 p., 2003

FUNCEME, 2006. Disponível em [http://www.funceme.br/demet/boletins/sistema\\_atmosferico.htm](http://www.funceme.br/demet/boletins/sistema_atmosferico.htm). Acessado em fevereiro de 2006.

GOVERNO DO ESTADO DE PERNAMBUCO. Site disponível em: [www.pe.gov.br](http://www.pe.gov.br), acessado em setembro de 2006.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE. Site disponível em: <http://www.rn.gov.br/acess/riograndedonorte.asp> , acessado em setembro de 2006.

HARGREAVES, G. H., PRASAD, U. K., SAMANI, Z. A., PATWARDHAN, M. M., PAWAR, D. H., BHOLA, A. M., **A crop water evaluation manual for India** , Utah State University, Logan, Utah, USA, The International Irrigation Center, Department of Agricultural and Irrigation Engineering, 1985.

HEMERLY, F.X. Mamona: comportamento e tendências no Brasil. Brasília, Embrapa- ID, 1981. 69p. (EMBRAPA-DTC. Documentos, 2).

HOLMES, R. M., & ROBERTSON, G. W. A. Modulated soil moisture budget. **Monthly Weather Review**, 87; 101-106, 1959.



IBGE, 2006 – **Produção Agrícola Municipal** – Disponível em [http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_visualiza.php?id\\_noticia=498&id\\_pagina=1](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=498&id_pagina=1), acessado em fevereiro de 2006.

JACCON, G., *As precipitações anuais da região Paraibana; homogeneização e análise regional*. Recife, SUDENE/DRN, 1982.

KUMAR, K. K., SILVA, J. A. T. & BEZERRA, V. F. A climatological study of soil moisture under corn crop at Campina Grande (NE BRAZIL). **Mousam**, 48(3): 437-442, 1997.

KUMAR, K. K., BEZERRA, V. F. & DANTAS, P. R. C. A climatological study of soil moisture and irrigation water requirement in Paraíba State (NE BRAZIL), IDOJARAS, Quarterly Journal of Hungarian Meteorological Service. 103(03): 177-187, 1999.

KUMAR, K.K., RAO, T.V. R. ; DANTAS, R.T. Distribution of available soil moisture in the State of Pernambuco.; XIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia; 1; 234; 233; Santa Maria; BRASIL, 2003

LACERDA, F.F., SILVA, B. B., SILVA, J. A.T., & KUMAR, K. K. Determinação do índice e duração da estação de cultivo em localidades do Estado da Paraíba. In: **VI Congresso Brasileiro de Meteorologia**, Salvador, 69-73, 1990.

LACERDA, F. F. AGUIAR, M. J. N., BARROS, A. H. C., SANTOS, A. A., *Estudos de períodos secos e úmidos durante a estação de cultivo em localidades do Estado da Paraíba, VII Congresso Brasileiro de Meteorologia*. São Paulo - SP, 1992. Vol. 2 514 - 518p.

LALL, U., RAJAGOPALAN, B., TARBOTON, D. G. **A nonparametric wet/dry spell model for resampling daily Precipitation**. WATER RESOURCES RESEARCH, VOL. 32, NO. 9, PAGES 2803–2823, SEPTEMBER 1996

LARCHER, W., *Physiological Plant Ecology*, SPRINGER, 1995;

MALUF, J. R. T., CUNHA, G. R.da, MATZNAUER, R., PASINATO, A., PIMENTEL, M. B. M., CAIAFFO, M. R. & PIRES, J. L. F., **Zoneamento de riscos climáticos para a cultura de milho no Rio Grande do Sul**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Passo Fundo, v. 9, n. 3, p. 460-467, 2001.

MILLAR, A. A. **Evaporacion desde una cubierta vegetal. Modelage para separacion entre transpiracion e evaporacion del suelo**. IICA – DEA, 1978.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, site disponível em <http://www.agricultura.gov.br/>, acessado em novembro de 2005.

MINTZ, Y. & SERAFINI, Y. **Global fields of monthly normal soil moisture as derived from observed precipitation and an estimated potential evapotranspiration**. Final report, NAS 5-26. Department of Meteorology, University of Maryland. 1984.

MOSHKIN, V. A. **Morphology and anatomy**. In: MOSHKIN, V. A. **Castor**. New Delhi: Amerind, 1986. p. 29-34.

MURTHY, B. S. **Weekly water availability to crops at Bellary, Bijapur, Gadag & Raichur**, Division of Agricultural Meteorology, Scientific Report No 197, 1973.

NATIONAL DROUGHT MITIGATION CENTER – NDMC – University of Nebraska – Lincoln. Disponível em <http://drought.unl.edu/>, acessado em agosto 2005.

NETO, M. da S. A., ARAÚJO, A. E. de & BELTRÃO, N. E. de M., **Zoneamento agroecológico e época de semeadura para a mamoneira na Região Nordeste do Brasil**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Passo Fundo, v. 9, n. 3, p. 551-556, 2001.

PATERNIANI, Ernesto. **Agricultura sustentável nos trópicos**. *Estud. av.*, Sept./Dec. 2001, vol.15, no.43, p.303-326. ISSN 0103-4014.

REDDY, S. J. & AMORIM NETO, M. S. A method for the estimation of potential evapotranspiration and/or open pan evaporation over Brazil. **Pesq. Agropec. Bras.**, EMBRAPA, 19(3): 247-267, 1984.

REIS, A. C. de S. **Contribuição ao estudo do clima de Pernambuco**. Cadernos do Conselho de Desenvolvimento de Pernambuco, série I / Agricultura. CONDEPE - Recife, 1970.

ROBERTSON, G.W. **Possibilities and limitations of rainfall analysis for predicting crop-available water (Uncertainties in the length of the rainy season)**. In: Drought research priorities for the dryland tropics (Bidinger, F. R. & Johanson, C., Eds.) Patancheru, A.P. – 502 324, INDIA: ICRISAT. 1988.

ROBERTSON, G.W. **Application of calculated crop-available soil water in semi-arid areas. An International Symposium on Applied Soil Physics in Stress Environments**. Islamabad, Pakistan, 22-29, 1989. 45 pages.

ROCHA, R., & PIRES H. S., **Mini Dicionário enciclopédico escolar**, São Paulo: Scipione, 2000.

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, p. 386-399, 2001.

SAVY FILHO, A.; BANZATTO, N.V.; BARBOZA, M.Z. et al. Mamona. em: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral - CATI – **Oleaginosas no Estado de São Paulo: análise e diagnóstico**. Campinas – SP: 1999. 39p., p.29-39, (CATI - Documento técnico, 107)

SILVA, F. A. S. & RAO, T. V. R. **Regionalização referente à pluviosidade anual e sua distribuição intra-anual no Estado da Paraíba**, Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 2 p. 93-97, 1994.

SILVA, M. T., AMARAL, J. A. B. do, BELTRÃO, N. E. de M., ANDRADE JR, A. S. de, COSTA, A. M. N., SILVA, A. A. G. da, BARROS, A. H. C., **Zoneamento de risco climático para a mamona Estado do Piauí**, I Congresso Brasileiro de Mamona, Campina Grande – PB, 23 novembro de 2004

SILVA, M. T., AMARAL, J. A. B. do, BELTRÃO, N. E. de M., ANDRADE JR, A. S. de, COSTA, A. M. N., SILVA, A. A. G. da, BARROS, A. H. C., **Zoneamento de risco climático para a mamona Estado da Paraíba**, I Congresso Brasileiro de Mamona, Campina Grande – PB, 23 novembro de 2004

SILVA, M. T., AMARAL, J. A. B. do, BELTRÃO, N. E. de M., ANDRADE JR, A. S. de, COSTA, A. M. N., SILVA, A. A. G. da, BARROS, A. H. C., **Zoneamento de risco climático para a mamona Estado de Pernambuco**, I Congresso Brasileiro de Mamona, Campina Grande – PB, 23 novembro de 2004

SILVA, M. T., AMARAL, J. A. B. do, BELTRÃO, N. E. de M., ANDRADE JR, A. S. de, COSTA, A. M. N., SILVA, A. A. G. da, BARROS, A. H. C., **Zoneamento de risco climático para a mamona Estado do Ceará**, I Congresso Brasileiro de Mamona, Campina Grande – PB, 23 novembro de 2004

SILVA, M. T., AMARAL, J. A. B. do, BELTRÃO, N. E. de M., ANDRADE JR, A. S. de, COSTA, A. M. N., SILVA, A. A. G. da, BARROS, A. H. C., **Zoneamento de risco climático para a mamona Estado de Alagoas**, I Congresso Brasileiro de Mamona, Campina Grande – PB, 23 novembro de 2004

SILVA, M. T., AMARAL, J. A. B. do, BELTRÃO, N. E. de M., ANDRADE JR, A. S. de, COSTA, A. M. N., SILVA, A. A. G. da, BARROS, A. H. C., **Zoneamento de risco climático para a mamona Estado da Bahia**, I Congresso Brasileiro de Mamona, Campina Grande – PB, 23 novembro de 2004

SILVA, W.J. da. **Aptidões climáticas para as culturas do girassol, da mamona e do amendoim**, Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.7, n. 82, p. 24-28, 1981.

SOARES, J. V. – **Curso de Introdução a Hidrologia de Florestas** – 2005, disponível em <http://www.dsr.inpe.br/dsr/vianeil/hidrologia/>, acessado em novembro 2005

TÁVORA, F.J.A.F. **A cultura da mamona**. Fortaleza: EPACE 1982. 111p

TEIXEIRA, A. H. de C., AZEVEDO, P. V. de, **Zoneamento agroclimático para a videira européia no Estado de Pernambuco**, VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia - II Congresso Latino - Americano e Ibérico de Meteorologia. Belo Horizonte - MG. Vol. 2, p 732 - 737. 1994

THORNTHWAITE, C. W. **An approach toward a rational classification of climate**. Geographical Review, Vol. 38, no. 1, p.55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C. W. & MATHER, J. R. **Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance**. Publication in Climatology, Laboratory of Climatology, Vol. 8, no. 1, pp. 104, 1955.

THORNTHWAITE, C. W. & MATHER, J. R. **The water balance**. Publication in Climatology, Laboratory of Climatology, Vol. 10, no. 3, p.185-311, 1957.

UMA-Universidade Livre da Mata Atlântica – **Perspectivas do Meio Ambiente Mundial** – GEO3, 2006, disponível em [http://www.wiiuma.org.br/geo\\_mundial\\_arquivos/cap2\\_%20aguadoce.pdf](http://www.wiiuma.org.br/geo_mundial_arquivos/cap2_%20aguadoce.pdf), acessado em fevereiro de 2006.

ZAPE – Zoneamento Agroclimatológico de Pernambuco; software, Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária- PE. EMBRAPA, 2002.

WALLEN, C. Aridity definitions and their applicability. Geografiska Annaler, Series A. 498:367–384, 1967:.

WEID, J. M. V. D.; SIDERSKY, P.; MATTOS, L. C.; TRIER, R. - CCA, 2006 – Centro de Ciências Agrárias- **A Problemática dos Recursos Hídricos no Semi-Árido** – disponível em <http://www.cca.ufc.br/recursosohidricos1.html> - acessado em fevereiro 2006.

WEISS, E.A. **Oilseed crops**. London: Longman, 1983. 660p.

WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org>, acessado em setembro de 2006.



## **ANEXO 1**

**Localidades que apresentaram aptidão para o cultivo da mamona. período mínimo de 12 decênios com p(5w) para a paraíba, pernambuco e rio grande do norte.**

**Tabela 1.1 – Relação do início, termino e duração de P(5W) para a Paraíba – (CAD<sub>100</sub>)**

#	Posto	Início P(5D)	Término P(5D)	Duração P(5D)
15	Araruna	10	26	17
33	Alagoa Nova	9	26	18
42	Umbuzeiro	14	26	13
44	Sta. Rita	10	26	17
45	Joao Pessoa	10	26	17
46	Alhandra	11	25	15

**Tabela 1.2 – Relação do início, termino e duração de P(5W) para a Paraíba (CAD<sub>150</sub>)**

#	Posto	Início P(5D)	Término P(5D)	Duração P(5D)
15	Araruna	10	27	18
23	Olho d1 Água	6	19	14
33	Alagoa Nova	9	28	20
36	Sapé	11	25	15
42	Umbuzeiro	15	27	13
44	Sta. Rita	10	27	18
45	João Pessoa	10	27	18
46	Alhandra	11	26	16

**Tabela 1.3 – Relação do início, termino e duração de P(5W) para a Paraíba (CAD<sub>200</sub>)**

#	Posto	Início P(5D)	Término P(5D)	Duração P(5D)
3	Antenor Navarro	3	20	18
15	Araruna	11	28	18
18	S. Jose de Piranhas	5	16	12
23	Olho d1 Água	7	19	13
33	Alagoa Nova	9	29	21
36	Sapé	14	26	13
39	Princesa Isabel	7	19	13
42	Umbuzeiro	16	28	13
44	Sta. Rita	10	28	19
45	João Pessoa	10	28	19
46	Alhandra	12	27	16

**Tabela 1.4 – Relação do início, termino e duração de P(5W) para a Paraíba (CAD<sub>250</sub>)**

#	Posto	Início P(5D)	Término P(5D)	Duração P(5D)
15	Araruna	11	29	19
18	S. Jose de Piranhas	6	18	13
19	Serra Grande	8	19	12
23	Olho d'Água	7	20	14
33	Alagoa Nova	9	30	22
36	Sapé	15	27	13
39	Princesa Isabel	8	20	13
40	Água Branca	10	21	12
42	Umbuzeiro	16	29	14
44	Stá. Rita	10	29	20
45	João Pessoa	11	29	19
46	Alhandra	12	29	18

**Tabela 1.5 – Relação do início, termino e duração de P(5W) para Pernambuco (CAD<sub>100</sub>)**

COD	Posto	Início P(5D)	Término P(5D)	Duração P(5D)
7	Machados	12	28	17
21	Cortes	9	29	21
29	Jucati	13	25	13
30	Palmares	12	27	16
31	Maraial	12	29	18
32	Rio Formoso	10	28	19

**Tabela 1.6 – Relação do início, termino e duração de P(5W) para Pernambuco (CAD<sub>150</sub>)**

#	Posto	Início P(5D)	Término P(5D)	Duração P(5D)
7	Machados	12	29	18
9	Timbauba	12	25	14
18	Cumarú	15	26	12
21	Cortes	10	30	21
22	Vitoria De Sto. Antao	15	26	12
29	Jucati	12	28	17
30	Palmares	12	29	18
31	Maraial	12	30	19
32	Rio Formoso	10	30	21

**Tabela 1.7 – Relação do início, termino e duração de P(5W) para Pernambuco (CAD<sub>200</sub>)**

#	Posto	Início P(5D)	Término P(5D)	Duração P(5D)
7	Machados	12	31	20
9	Timbauba	14	26	13
18	Cumarú	14	28	15
21	Cortes	10	31	22
22	Vitoria De Sto. Antao	15	27	13
27	Itaiba	13	25	13
29	Jucati	12	29	18
30	Palmares	12	30	19
31	Maraial	12	31	20
32	Rio Formoso	10	31	22

**Tabela 1.8 – Relação do início, termino e duração de P(5W) para Pernambuco (CAD<sub>250</sub>)**

#	Posto	Início P(5D)	Término P(5D)	Duração P(5D)
5	S. Jose Do Belmonte	7	18	12
7	Machados	12	31	20
9	Timbauba	14	27	14
18	Cumarú	15	29	15
21	Cortes	10	33	24
22	Vitoria De Sto. Antao	15	28	14
29	Jucati	12	30	19
30	Palmares	12	31	20
31	Maraial	12	33	22
32	Rio Formoso	10	33	24

**Tabela 1.9 – Relação do início, termino e duração de P(5W) para Rio Grande do Norte (CAD<sub>100</sub>)**

#	Posto	Início P(5D)	Término P(5D)	duração P(5D)
14	Ceara Mirim	11	23	13

**Tabela 1.10 – Relação do início, termino e duração de P(5W) para Rio Grande do Norte (CAD<sub>150</sub>)**

#	Posto	Início P(5D)	Término P(5D)	duração P(5D)
14	Ceara Mirim	12	24	13
15	S. Miguel	6	19	14

19	Martins	6	17	12
26	Coronel Ezequiel	8	21	14

**Tabela 1.11 – Relação do início, termino e duração de P(5W) para Rio Grande do Norte (CAD<sub>200</sub>)**

#	Posto	Início P(5D)	Término P(5D)	Duração P(5D)
14	Ceara Mirim	13	25	13
15	S. Miguel	8	20	13
16	Luiz Gomes	8	19	12
19	Martins	8	19	12
26	Coronel Ezequiel	10	23	14

**Tabela 1.12 – Relação do início, termino e duração de P(5W) para Rio Grande do Norte (CAD<sub>250</sub>)**

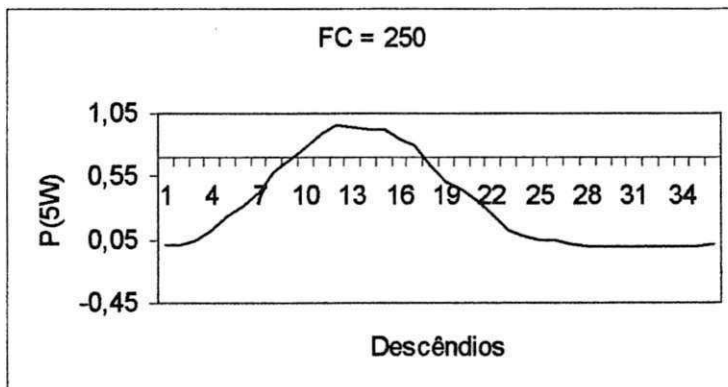
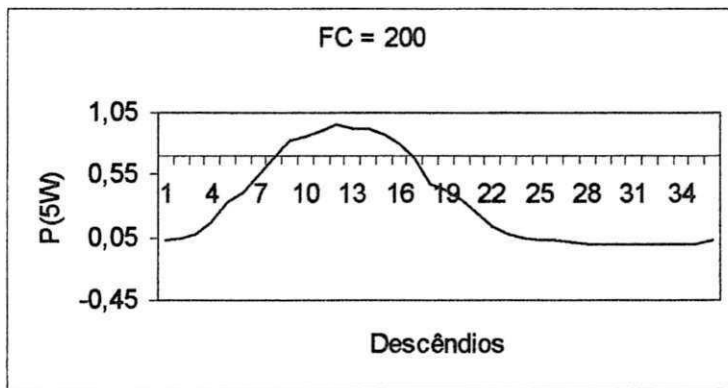
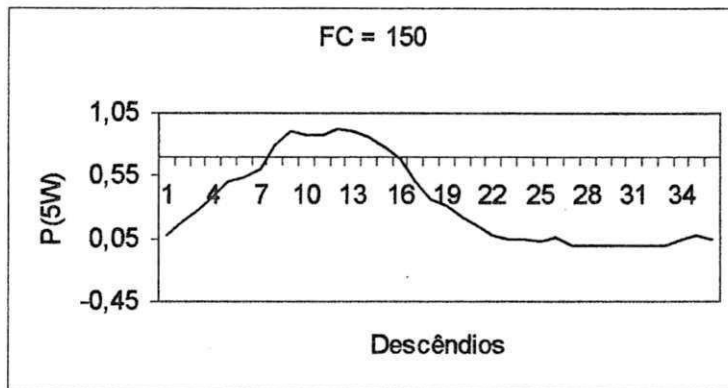
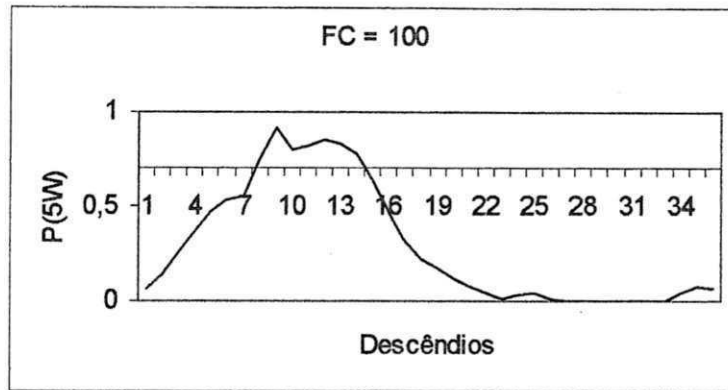
CÓD	Posto	Início P(5D)	Término P(5D)	Duração P(5D)
14	Ceara Mirim	14	26	13
15	S. Miguel	9	21	13
16	Luiz Gomes	8	22	15
18	Tenente Ananias Gomes	9	20	12
19	Martins	8	21	14
26	Coronel Ezequiel	11	24	14

## **ANEXO 2**

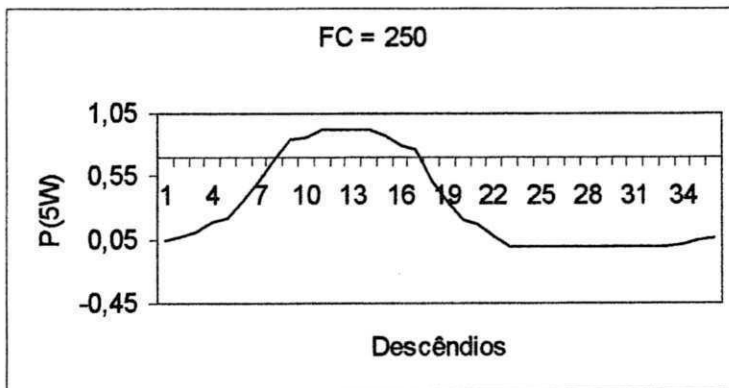
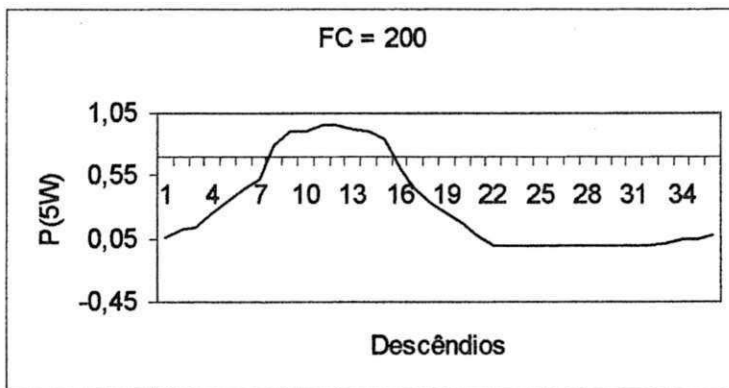
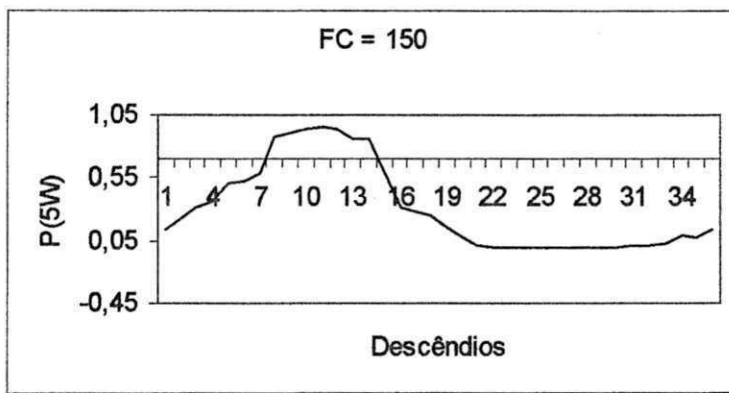
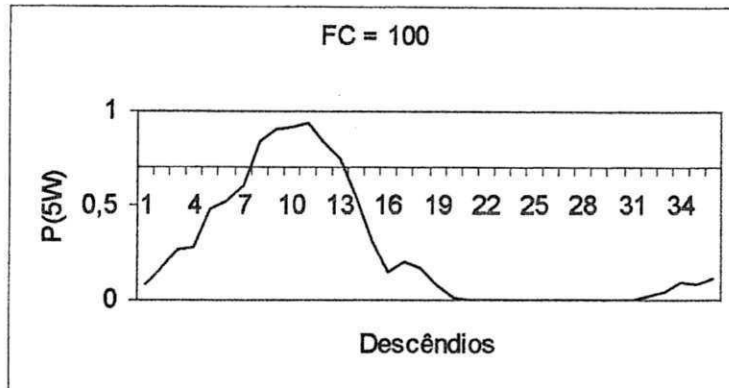
### **Variação decendial de ad e p(5w) para Paraíba**



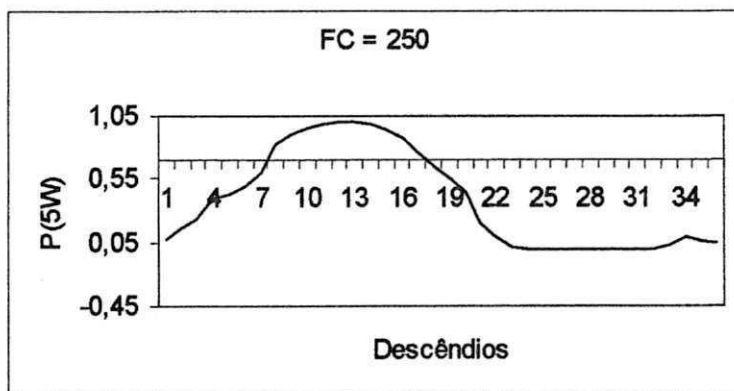
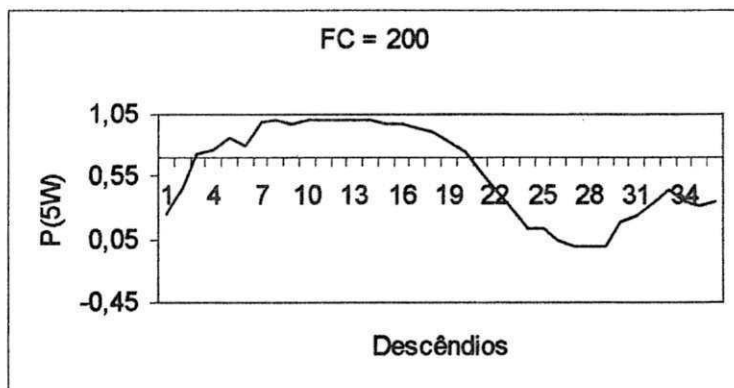
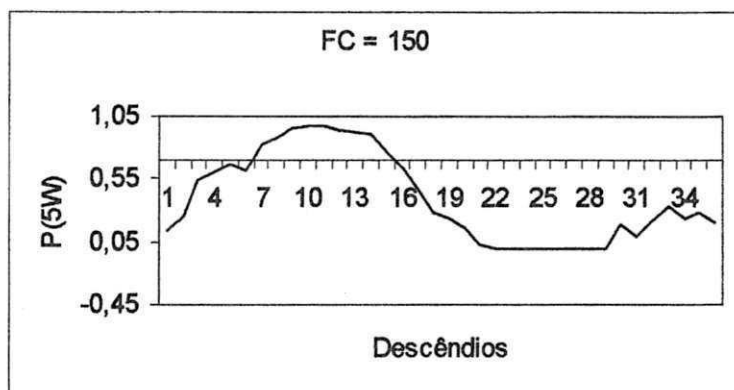
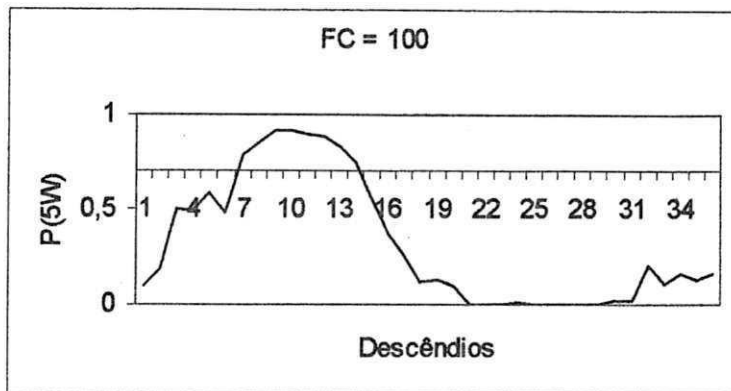
## 2.1 - CATOLÉ DO ROCHA



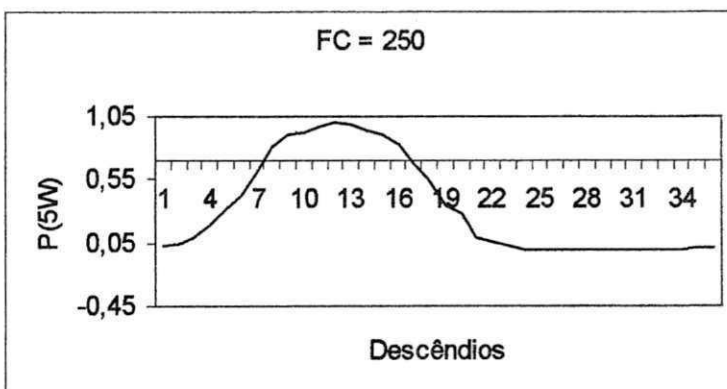
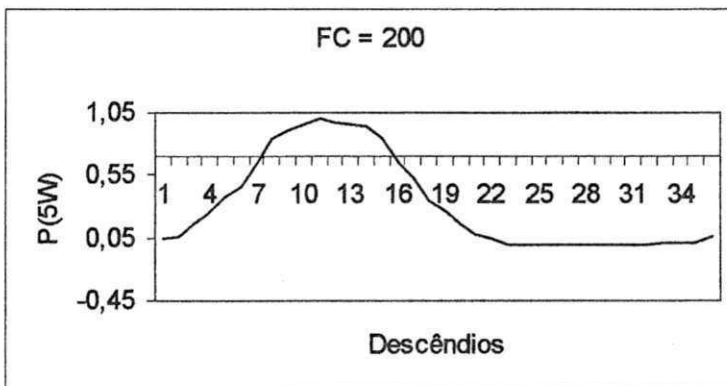
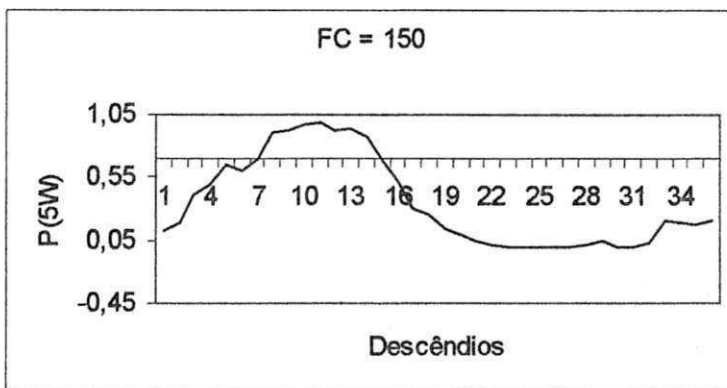
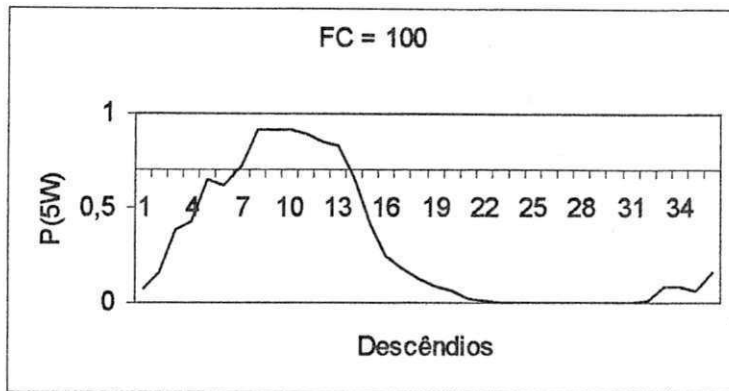
## 2.2 - CAJAZEIRAS



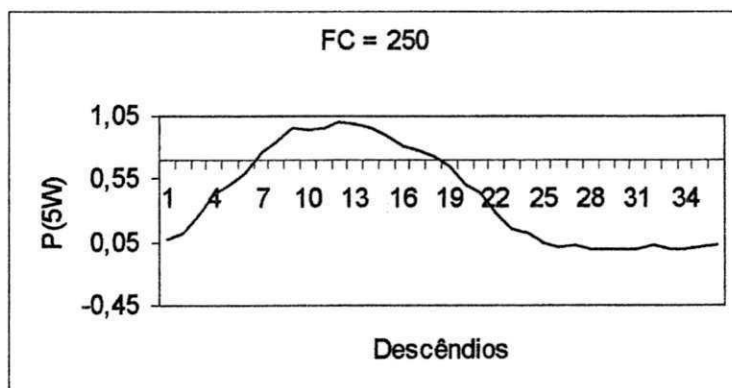
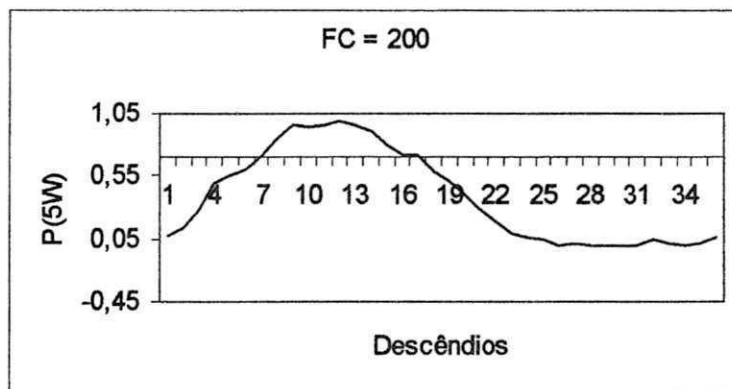
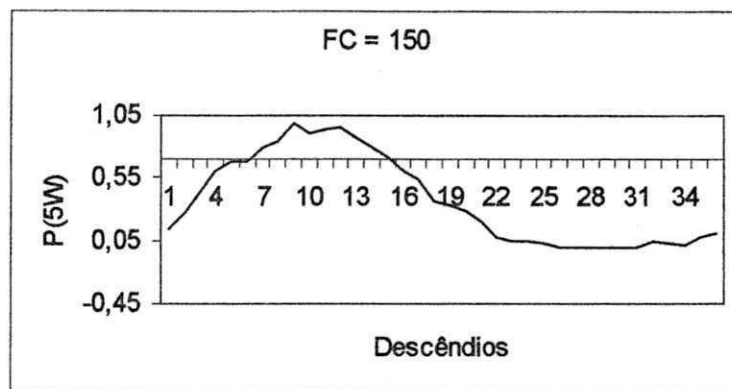
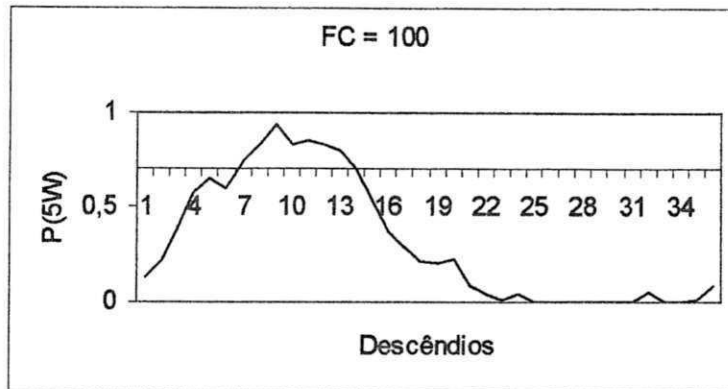
### 2.3 - ANTENOR NAVARRO



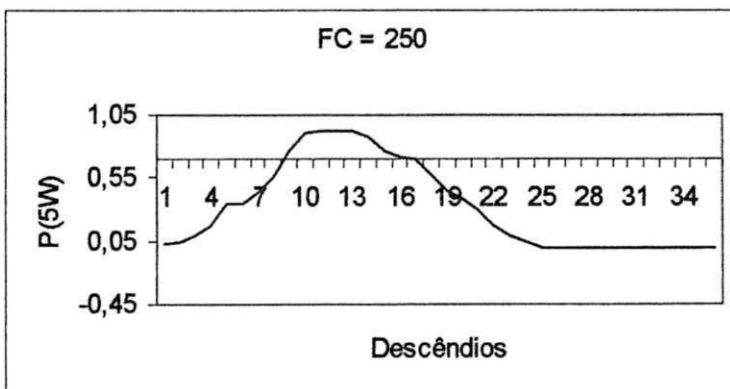
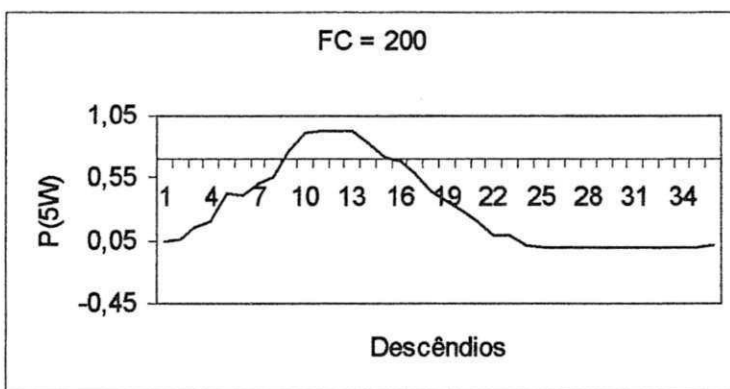
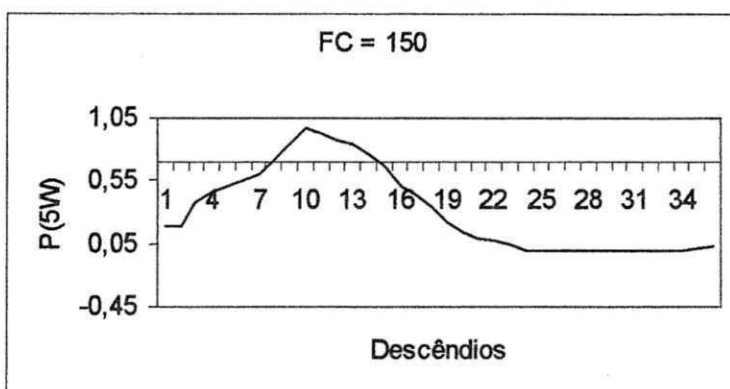
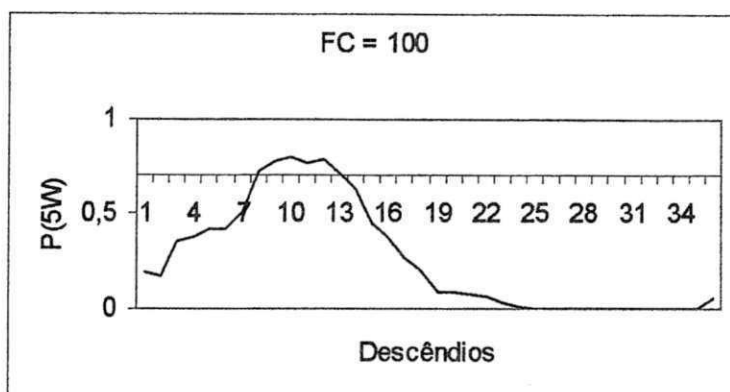
## 2.4 - SÃO GONÇALO



## 2.5 - SÃO JOSÉ DA LAGOA TAPADA

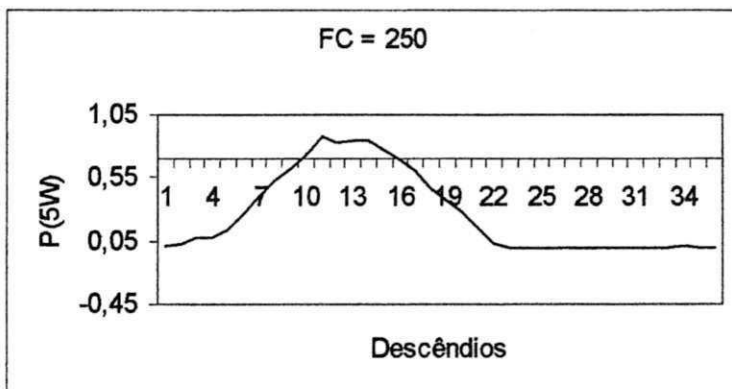
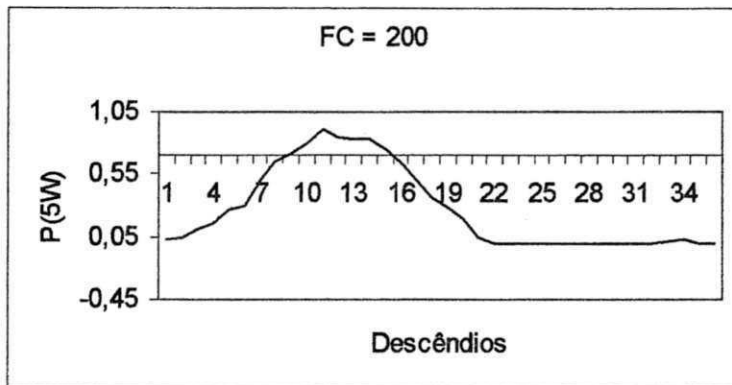
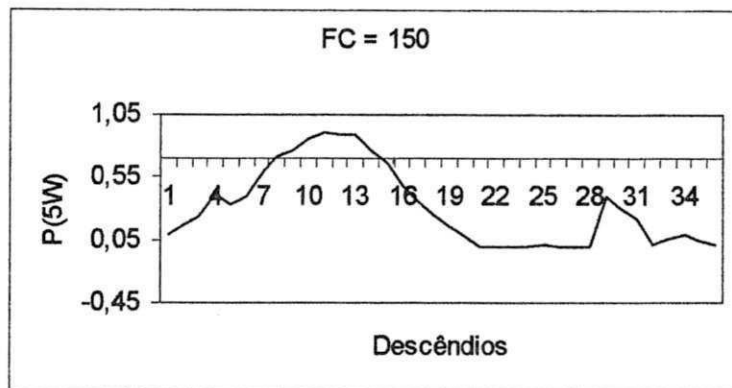
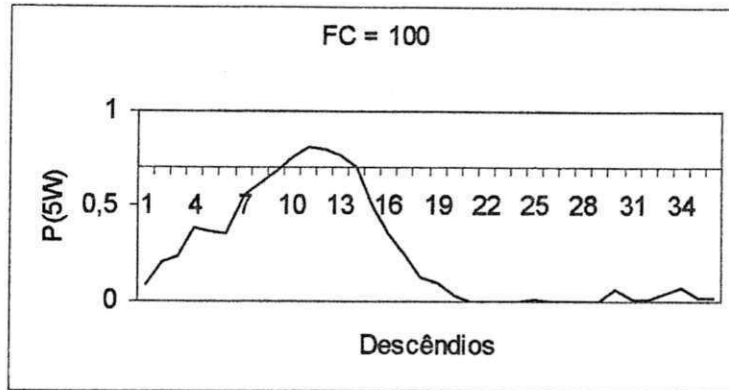


## 2.6 - JERICÓ

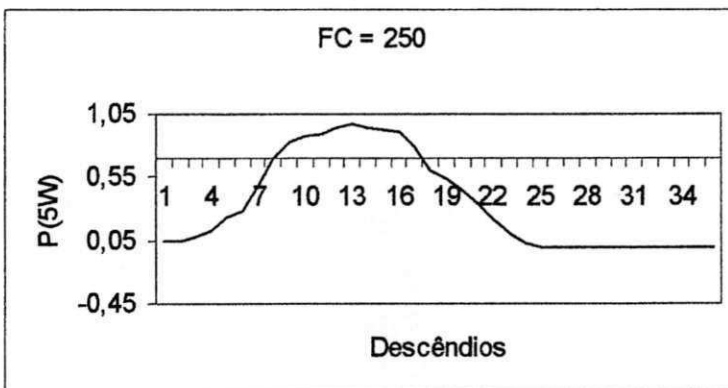
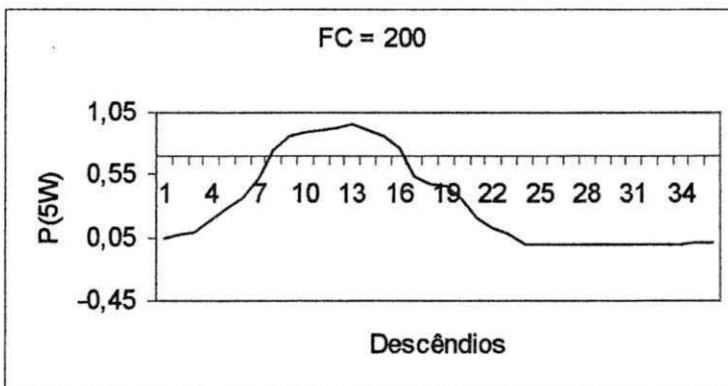
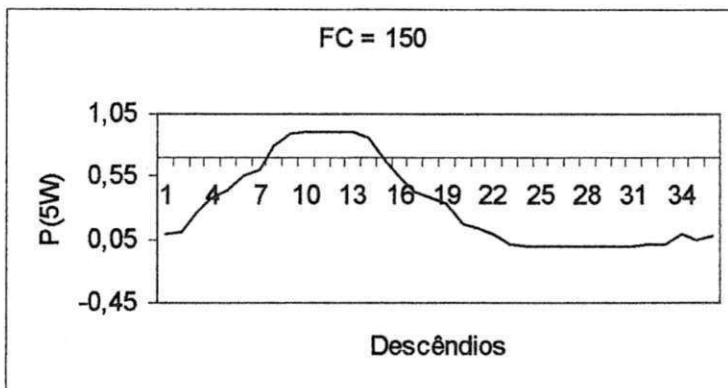
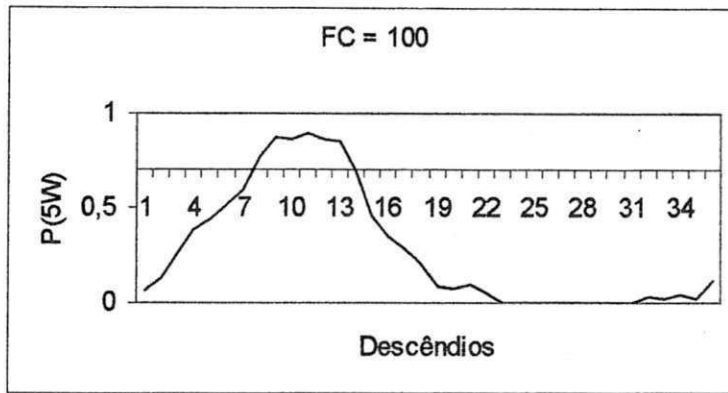




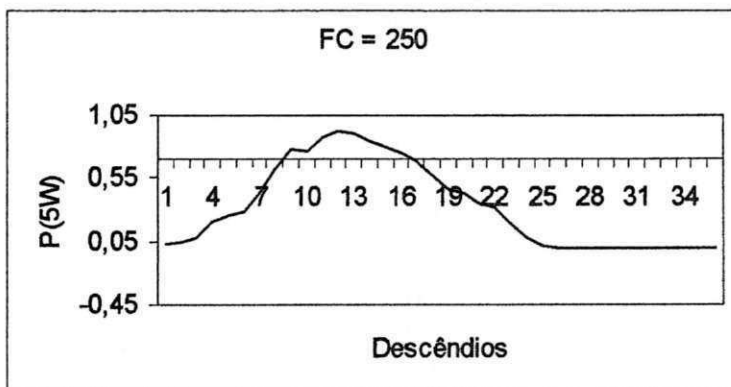
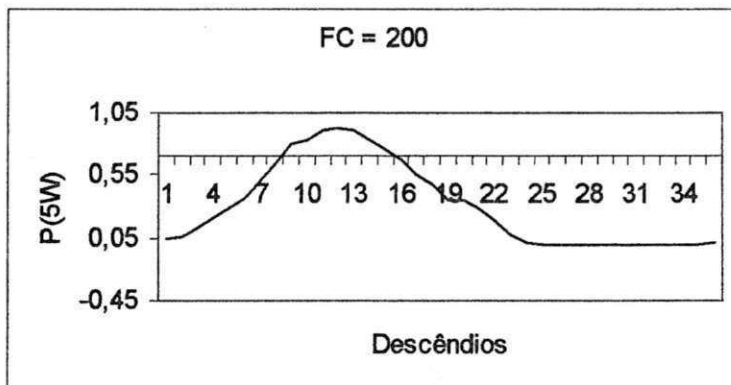
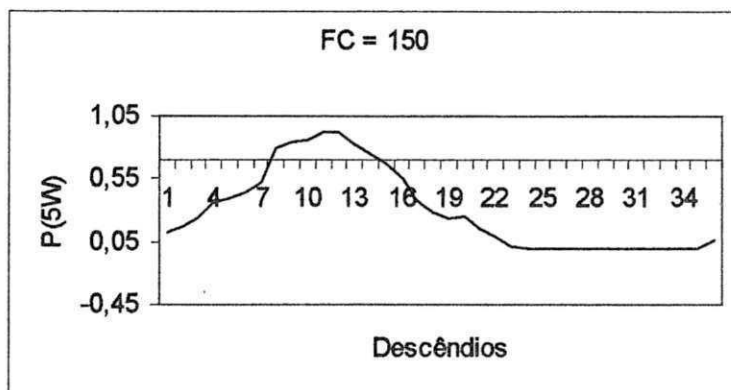
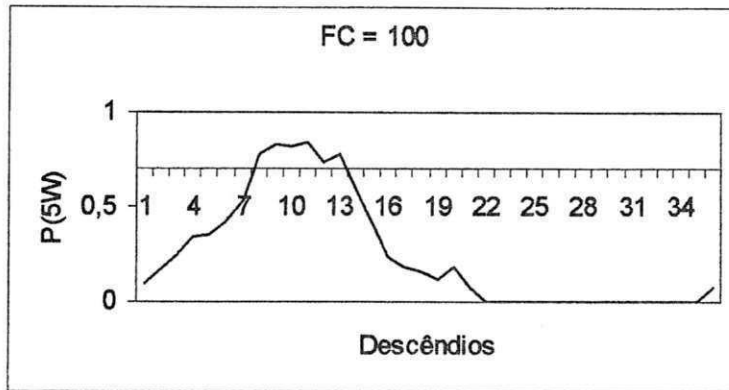
## 2.7 - POMBAL



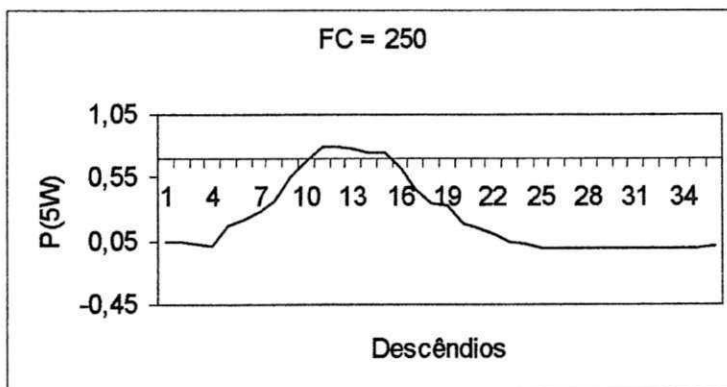
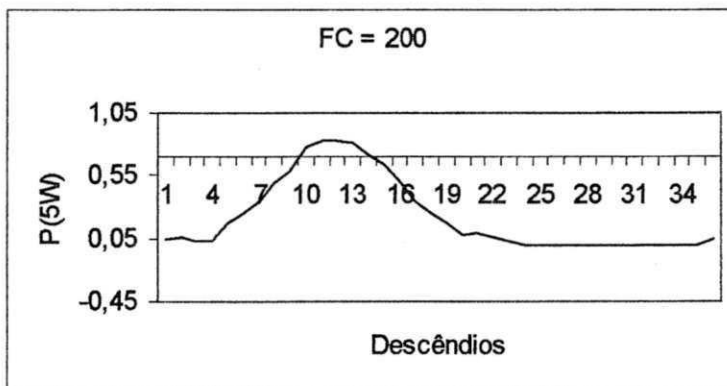
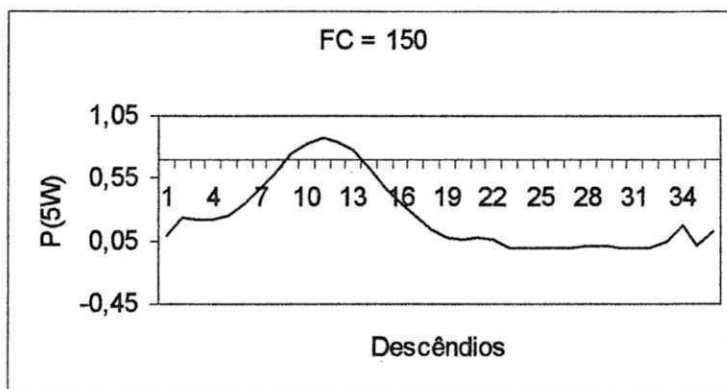
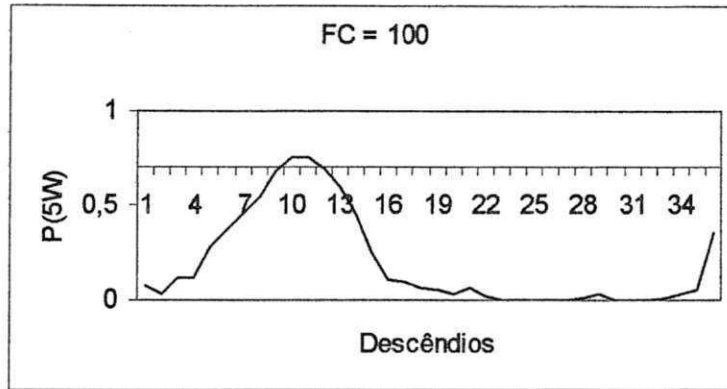
## 2.8 – CONDADO



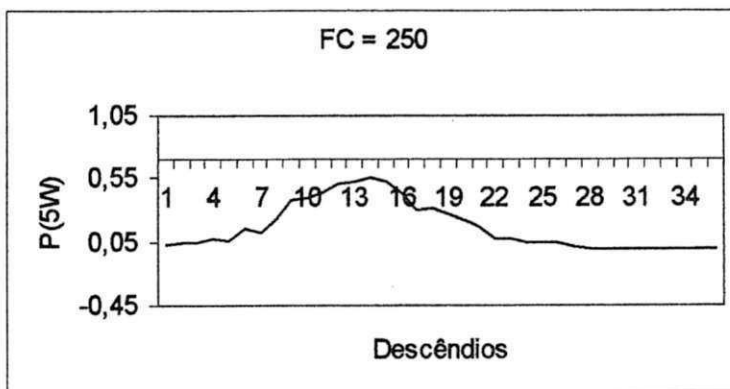
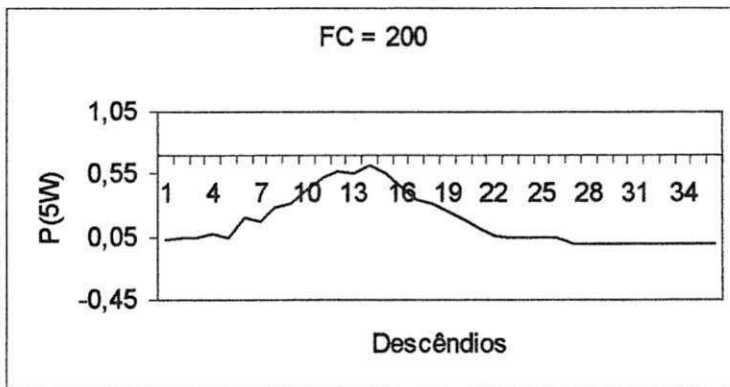
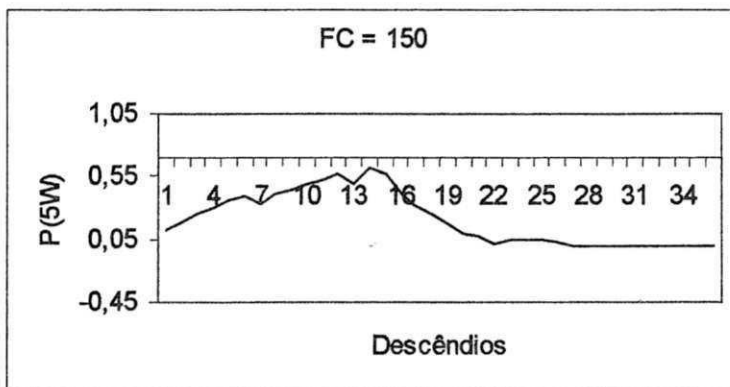
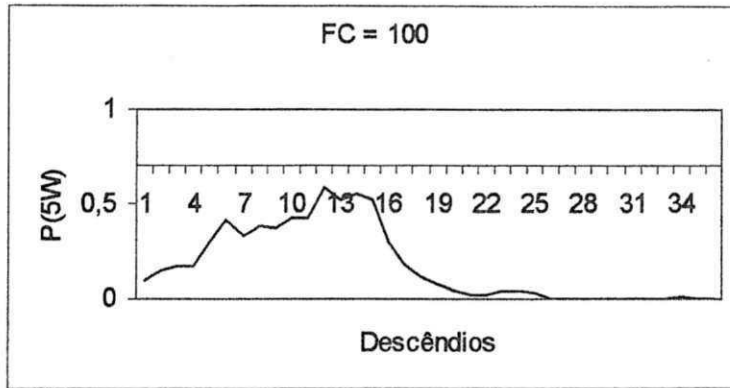
## 2.9 - SÃO MAMEDE



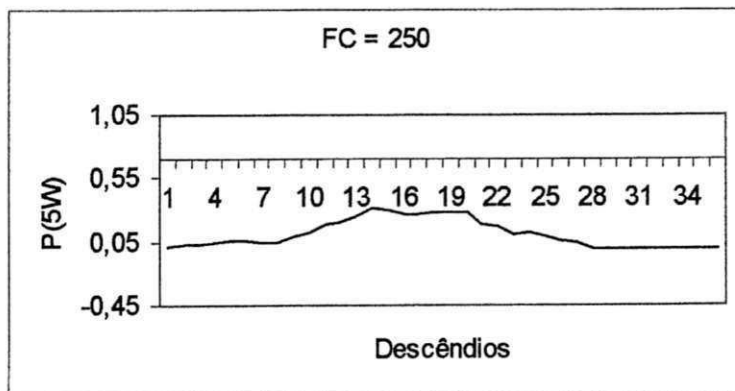
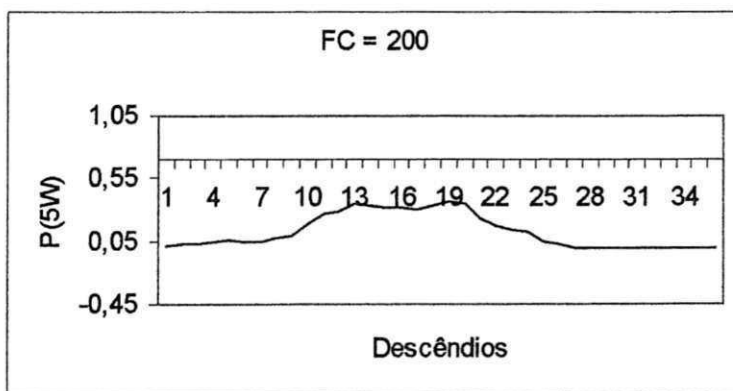
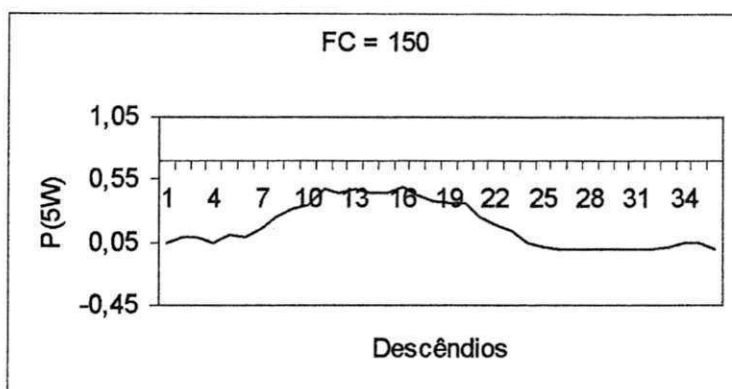
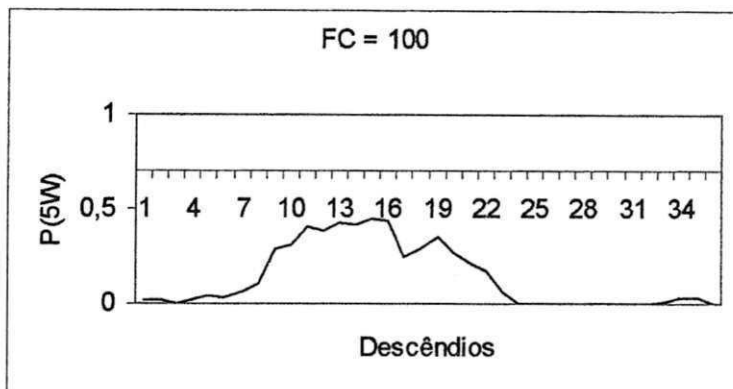
## 2.10 - SANTA LUZIA



## 2.11 - PICUÍ

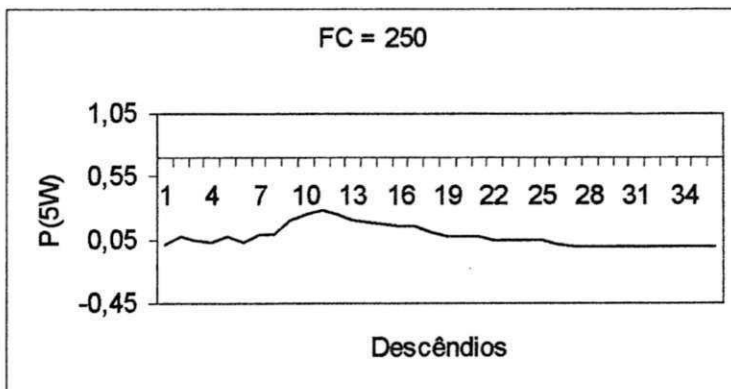
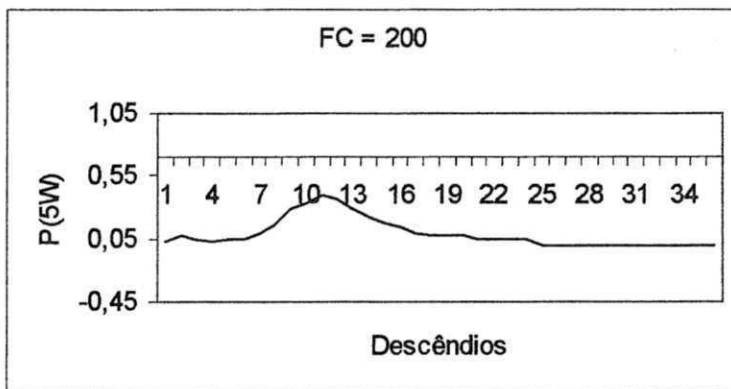
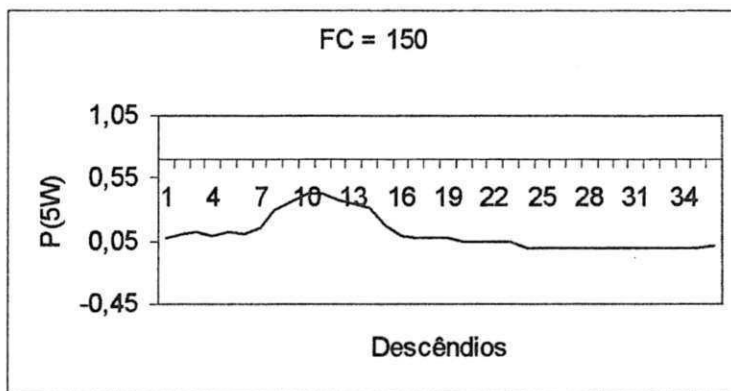
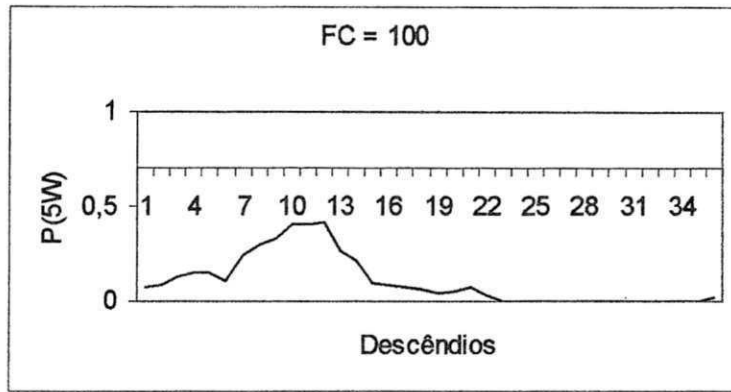


## 2.12 - BARRA DE SANTA ROSA

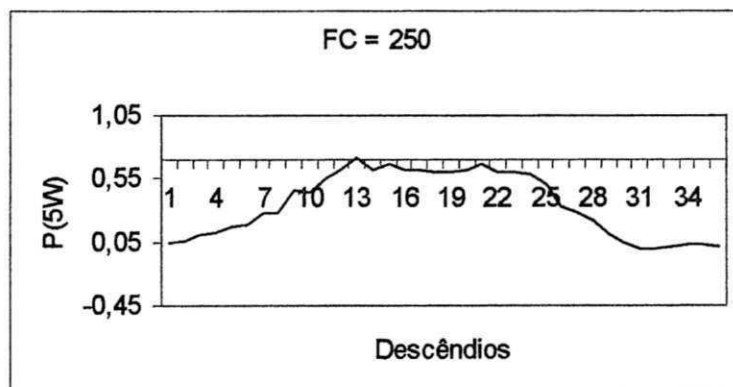
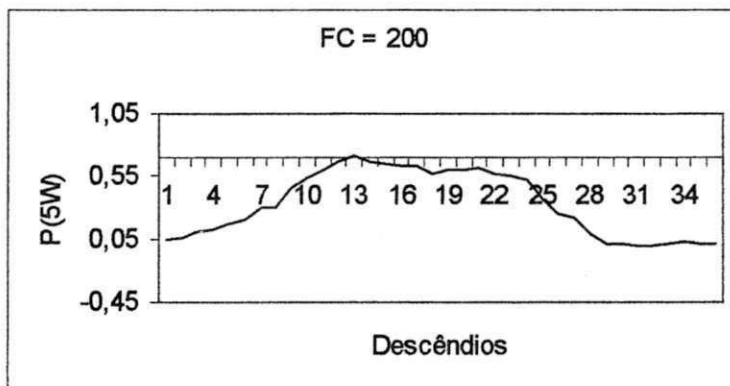
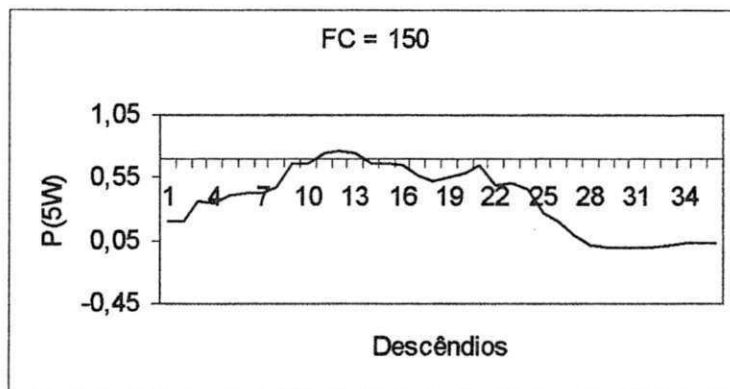
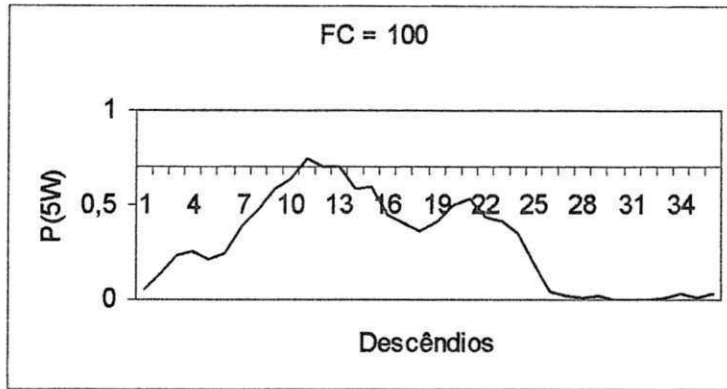




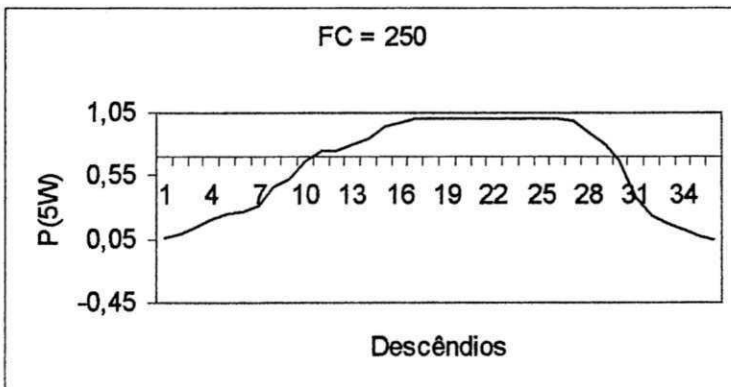
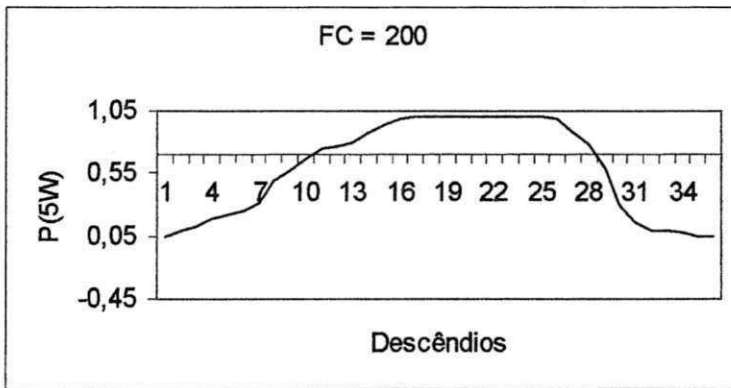
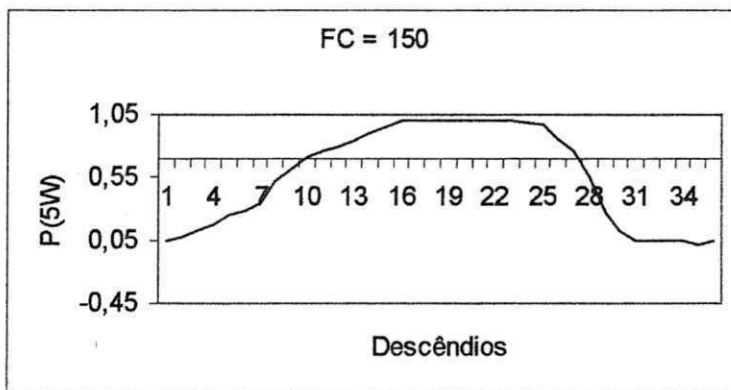
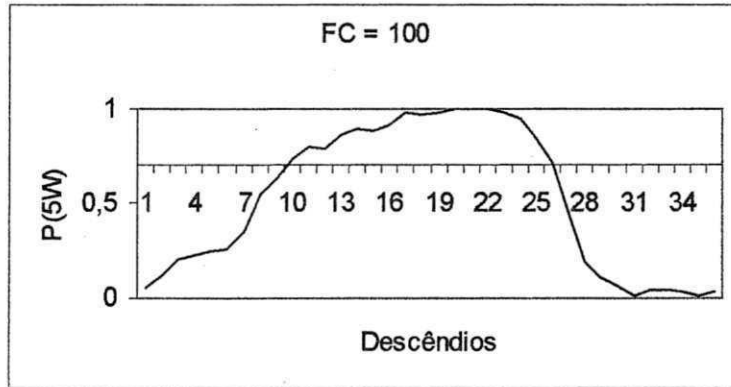
### 2.13 - PEDRA LAVRADA



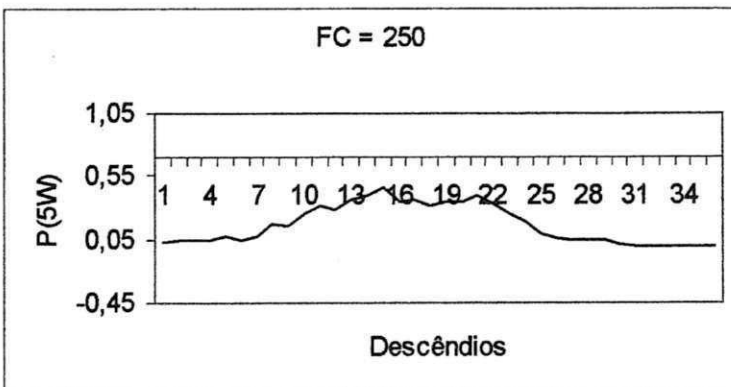
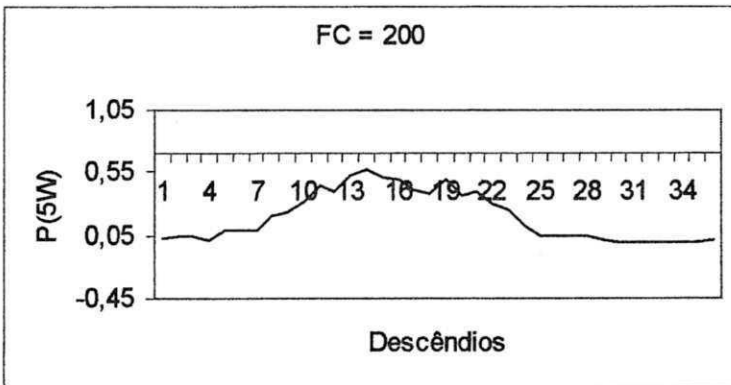
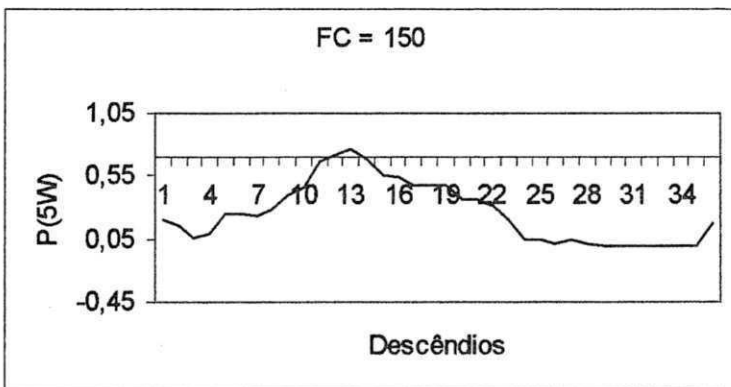
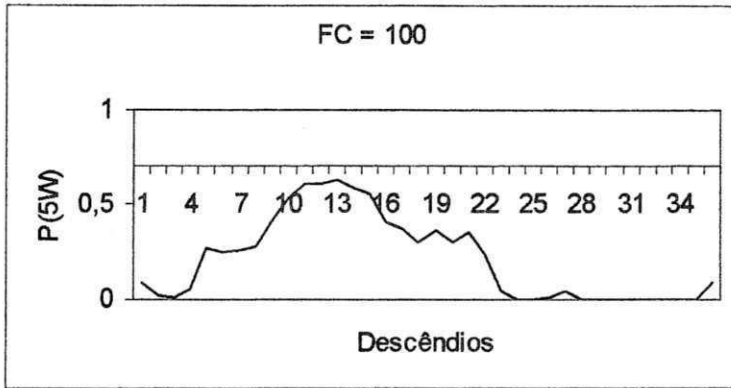
## 2.14 - OLIVEDOS



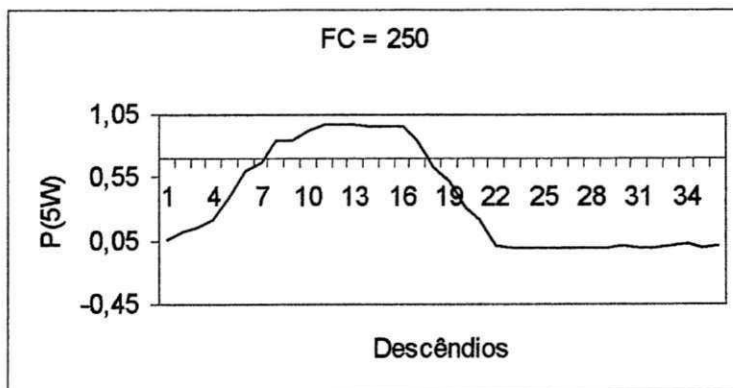
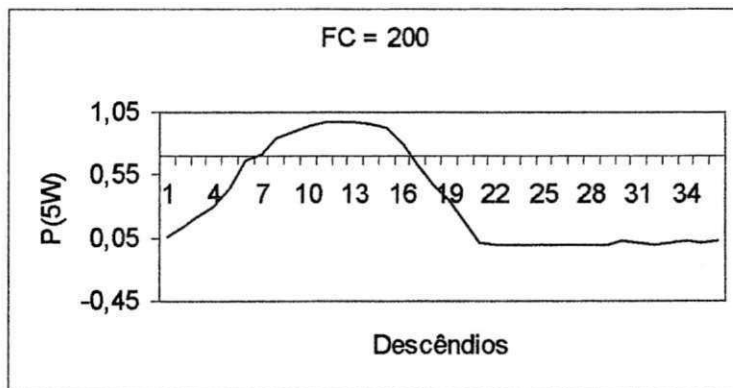
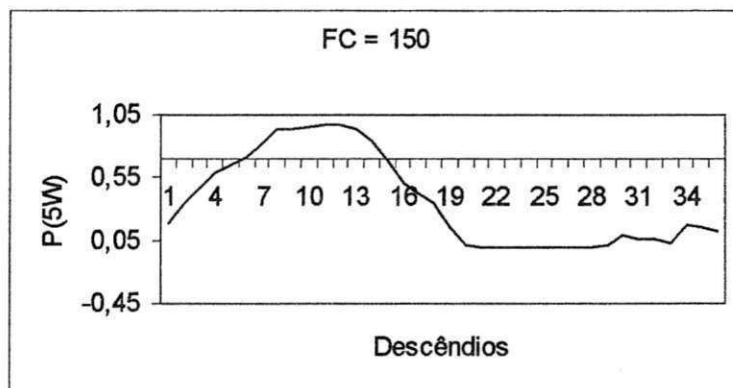
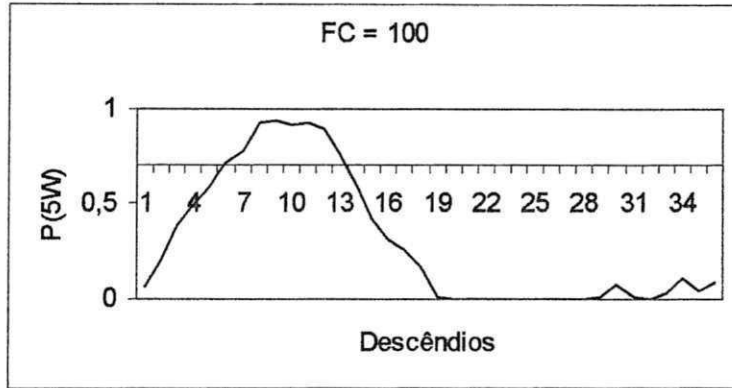
2.15 - ARARUNA



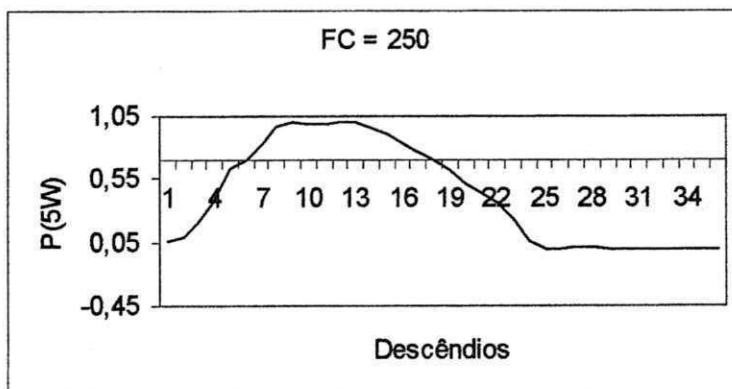
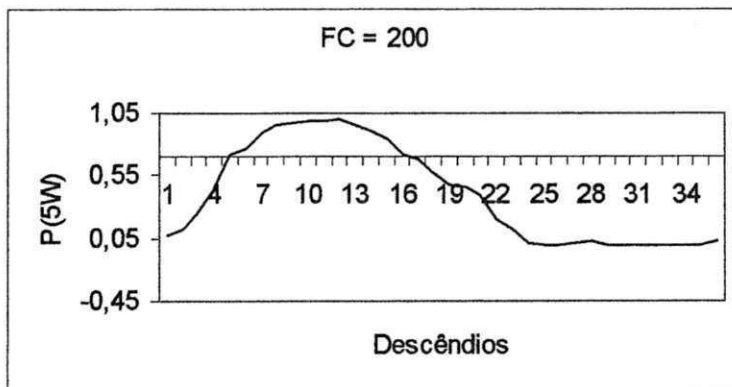
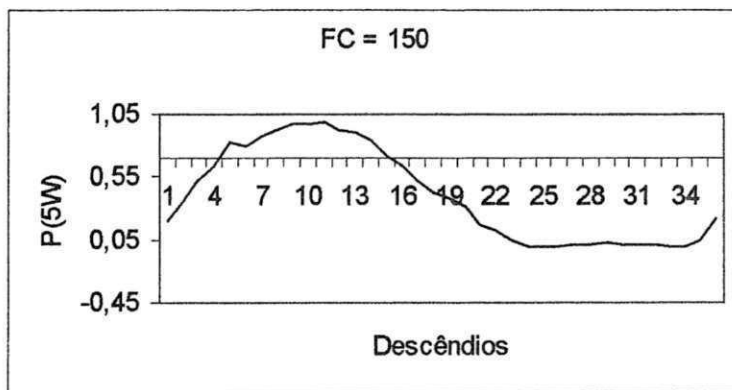
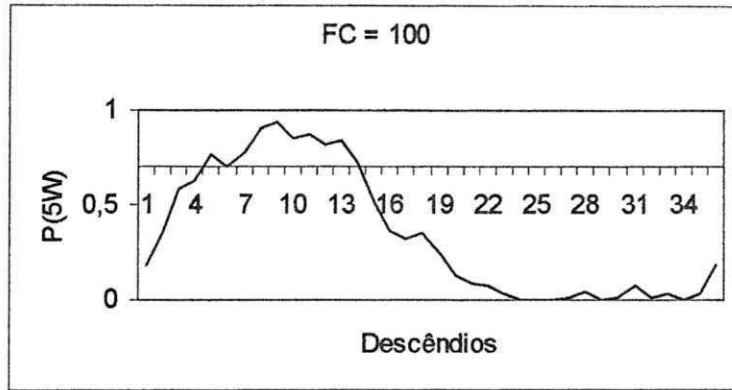
## 2.16 - SALGADO



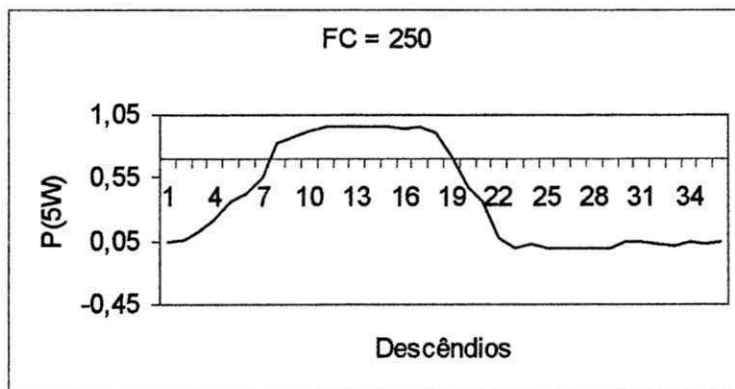
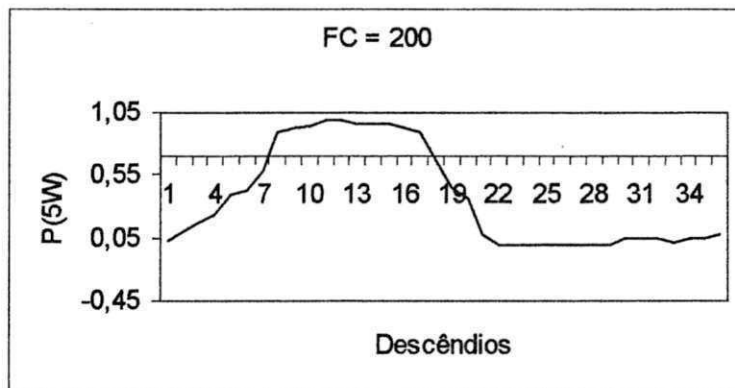
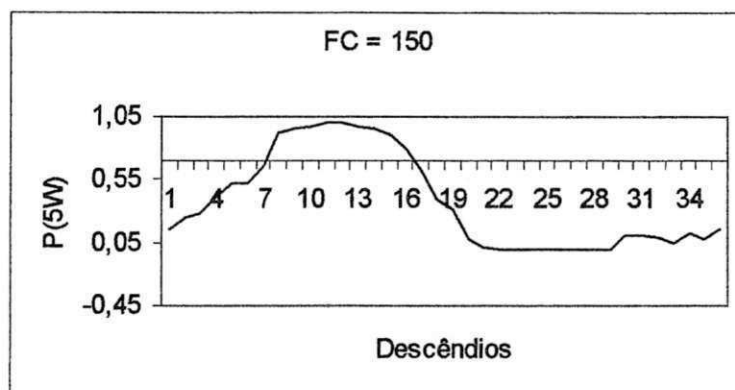
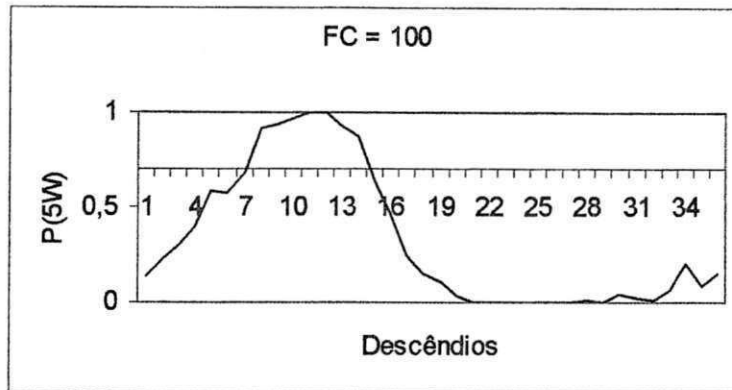
2.17 - ARAPUÁ ST.



2.18 - SÃO JOSÉ DO PIRANHAS

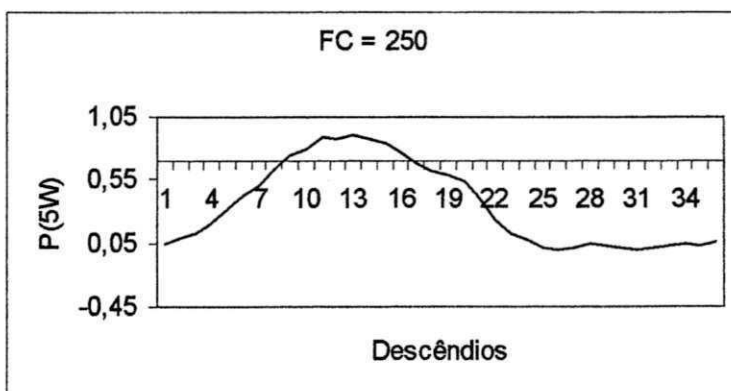
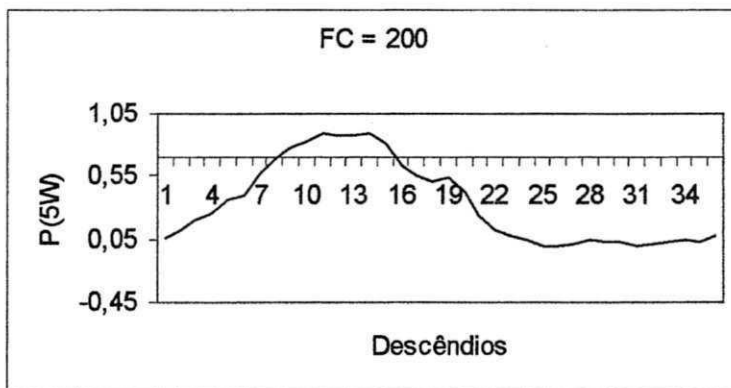
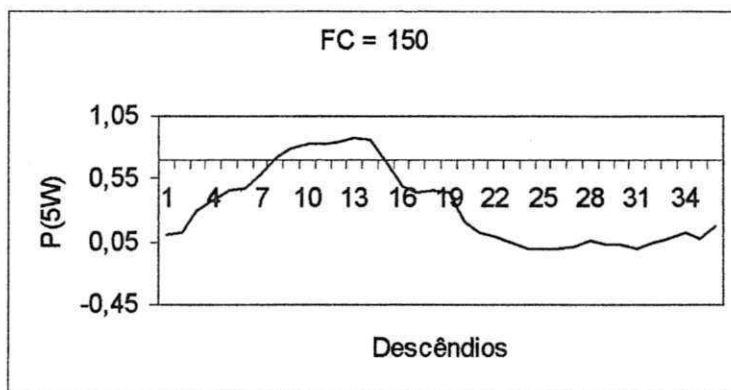
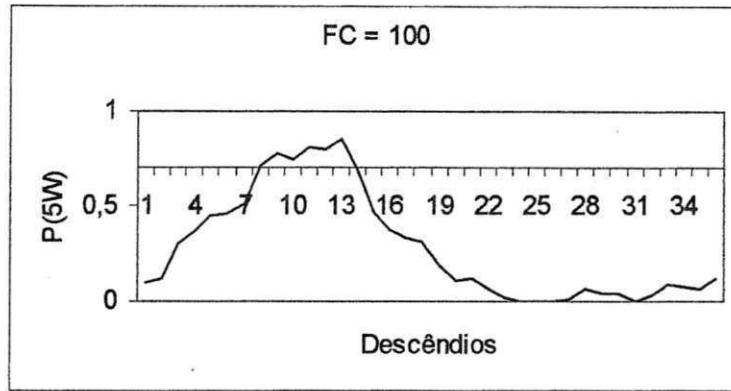


## 2.19 - SERRA GRANDE

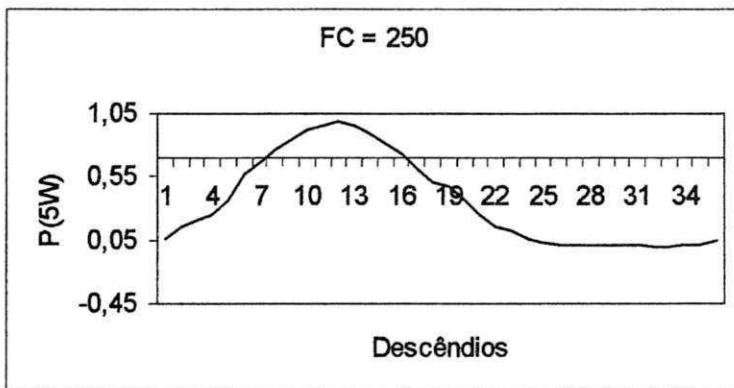
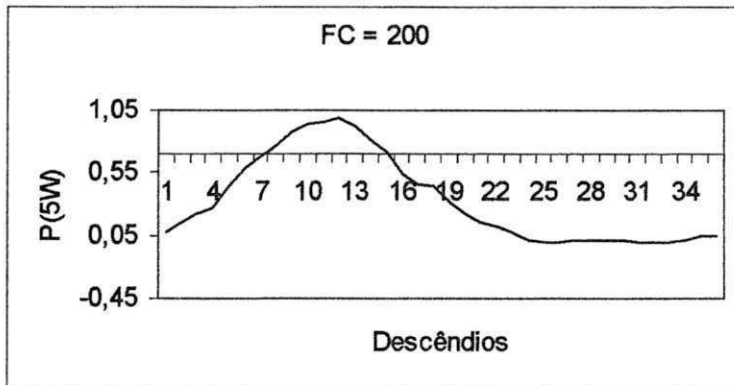
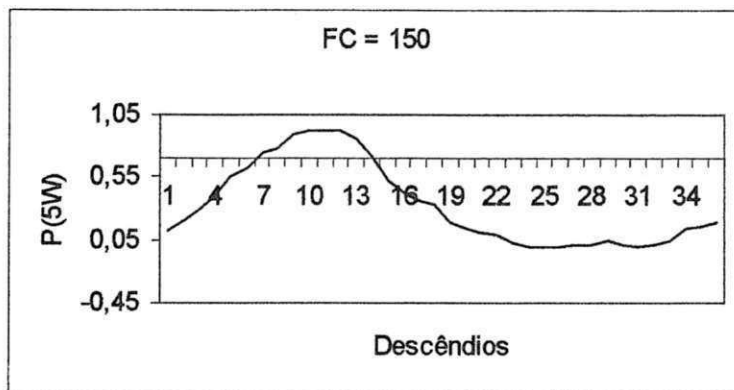
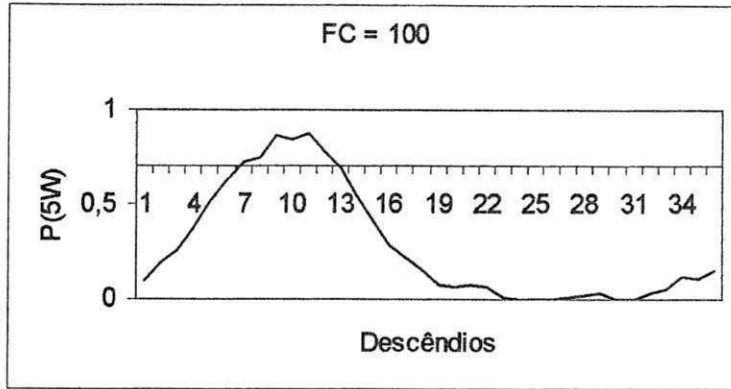




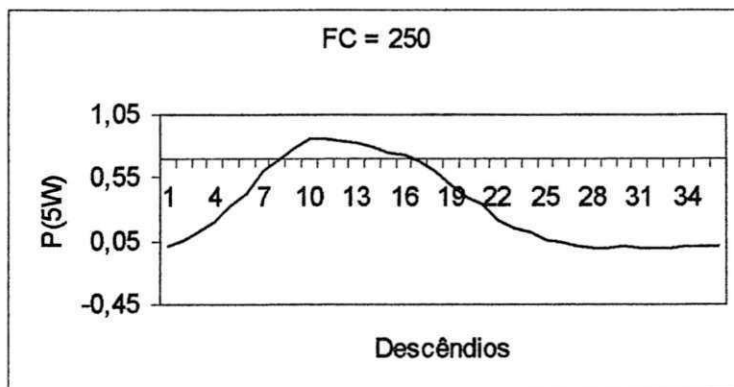
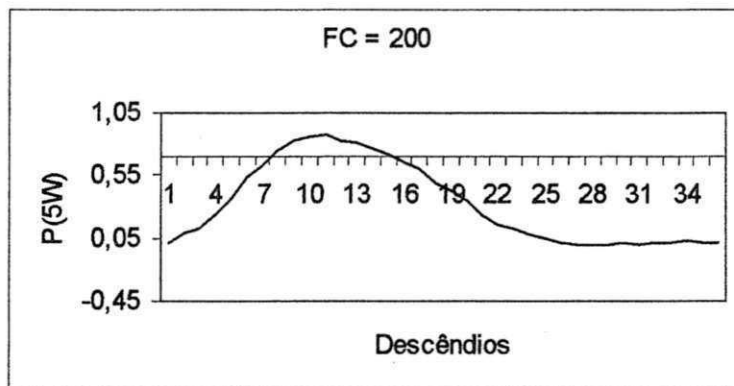
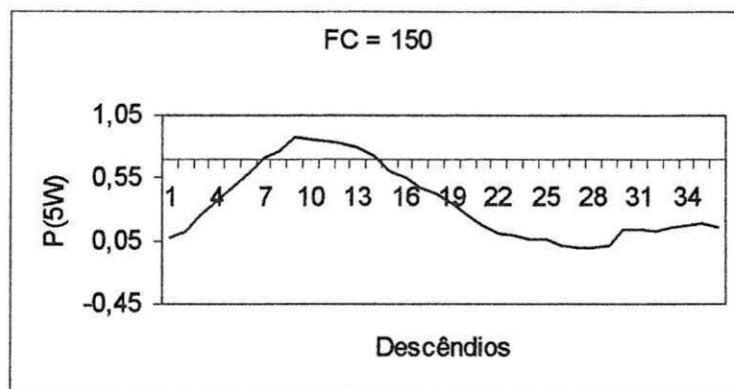
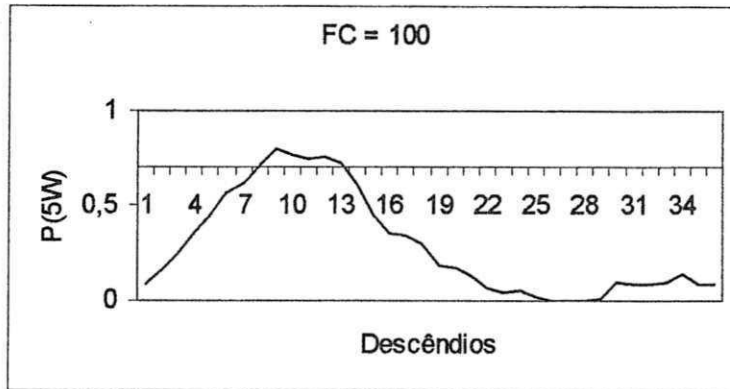
## 2.20 - ITAPORANGA



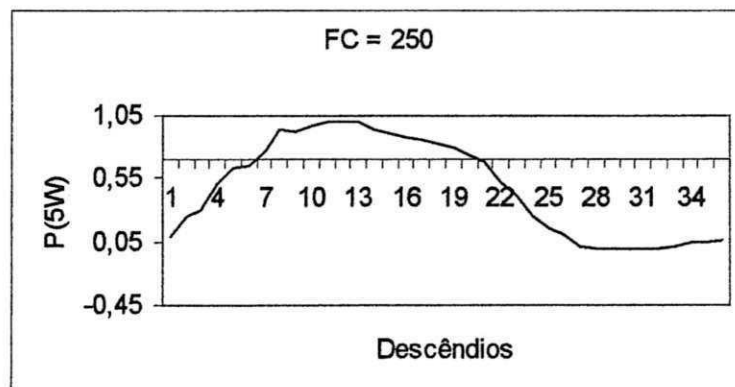
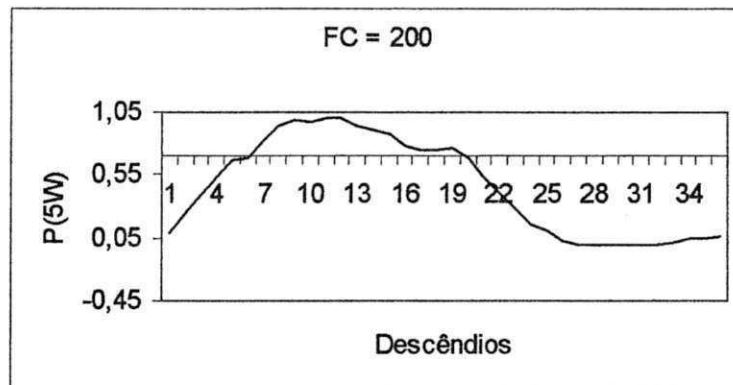
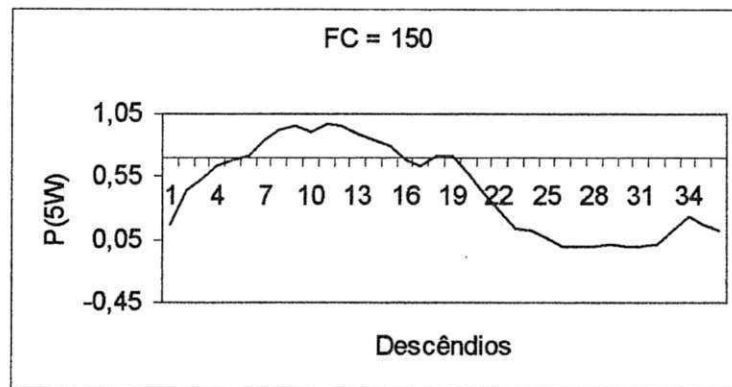
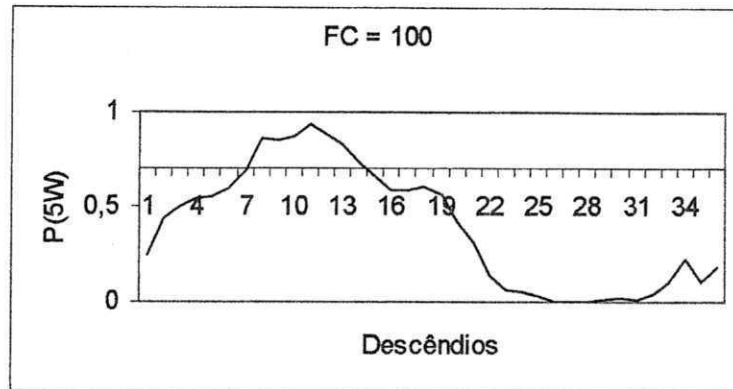
2.21 - NOVA OLINDA



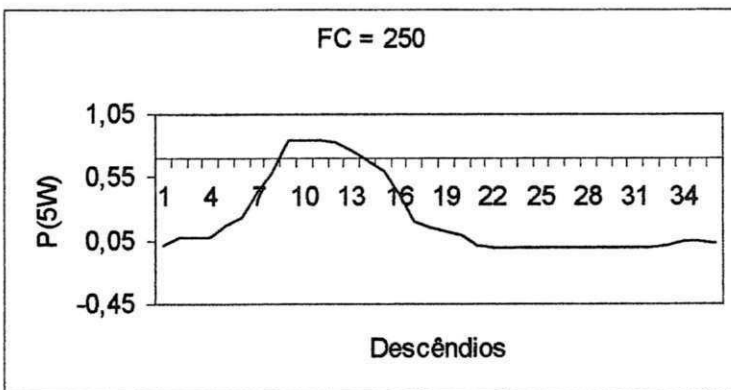
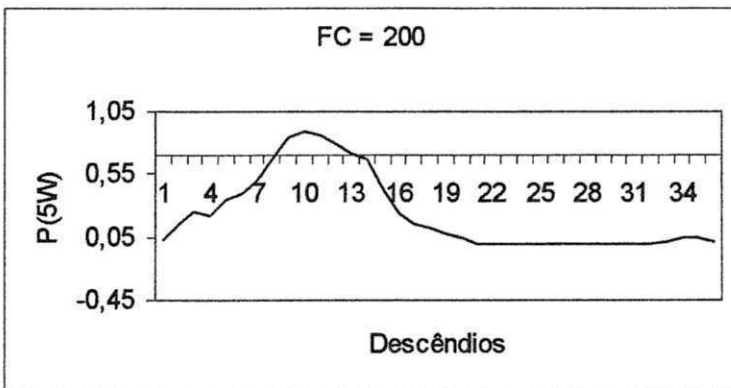
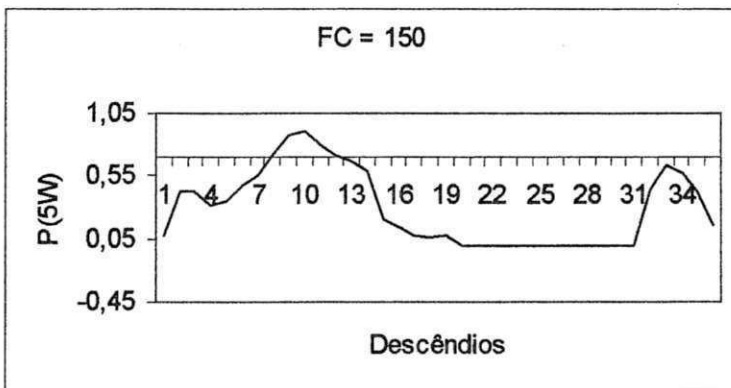
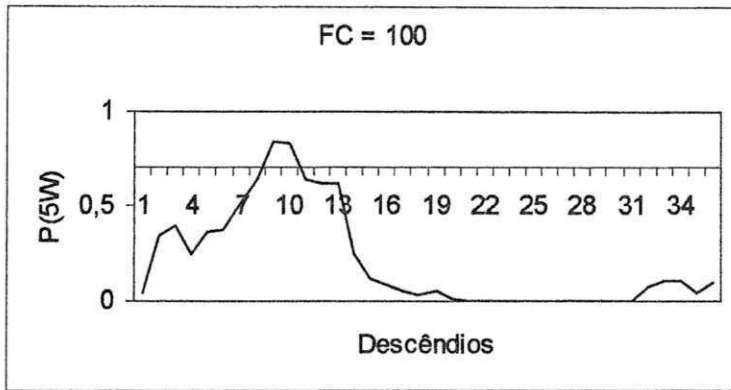
## 2.22 - PIANCÓ



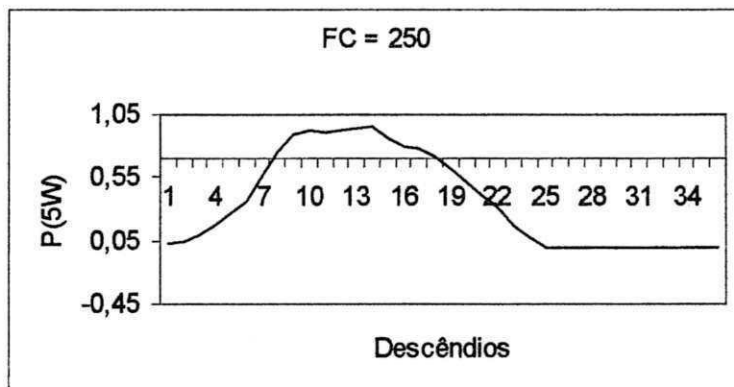
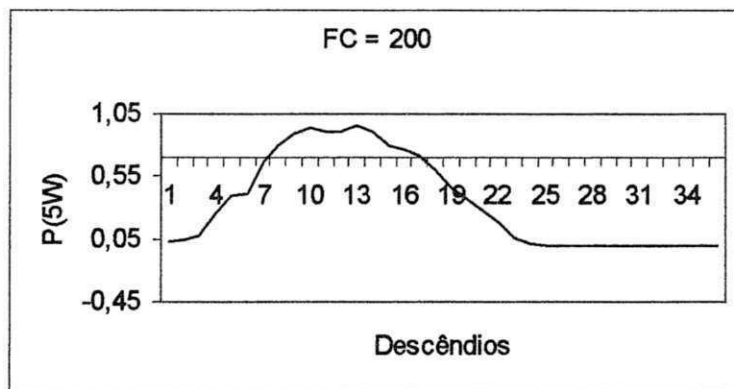
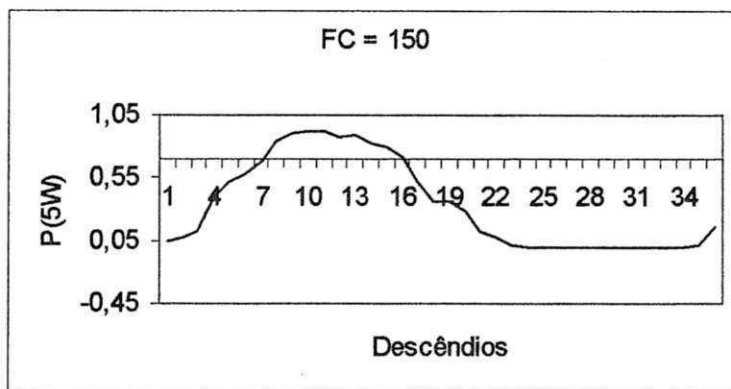
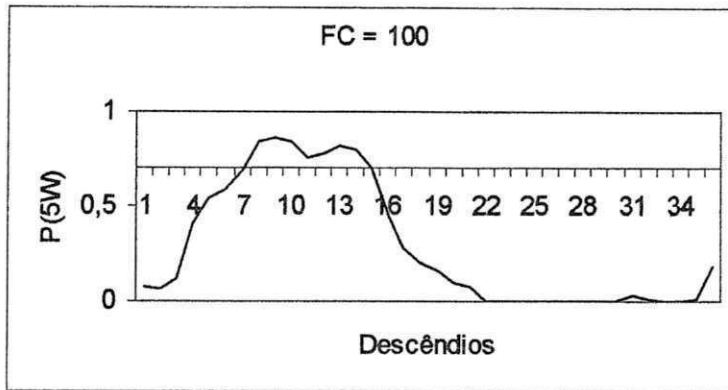
### 2.23 - OLHO D'ÁGUA



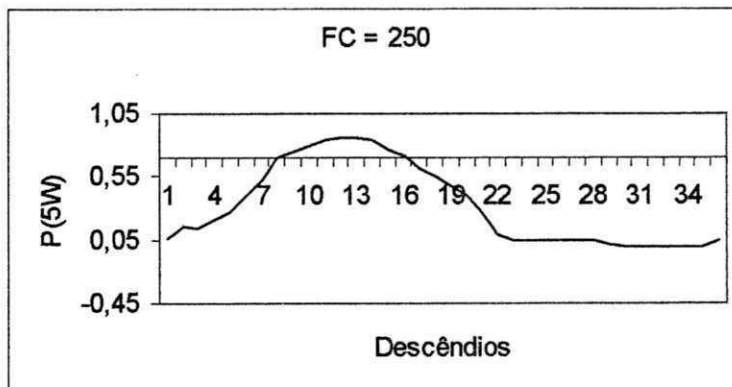
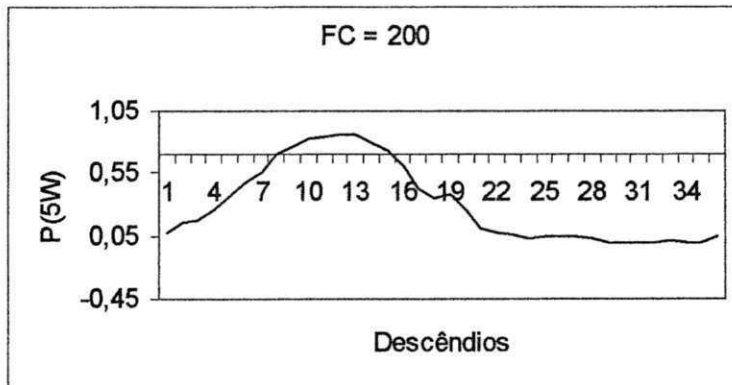
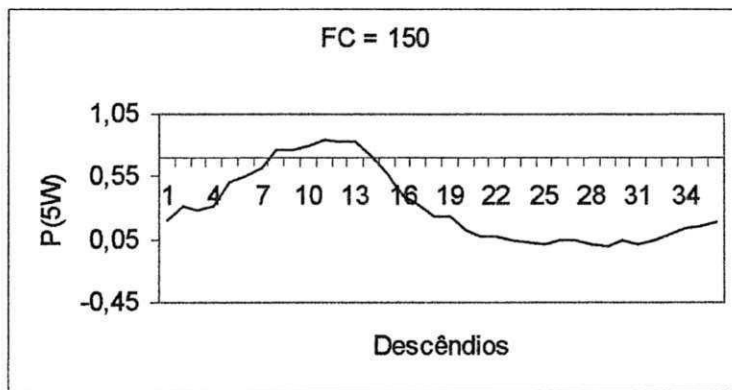
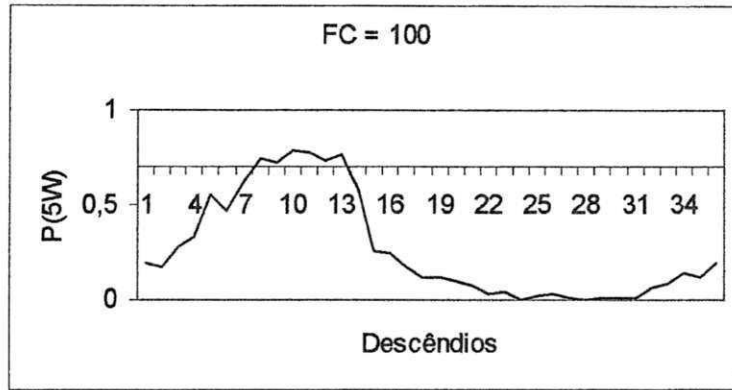
## 2.24 - PATOS



## 2.25 - STA TEREZINHA

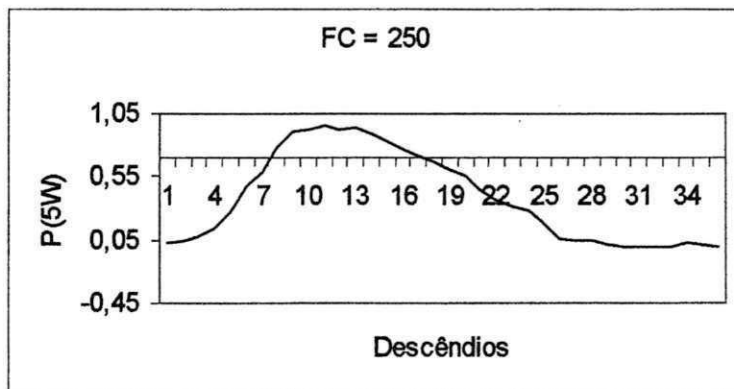
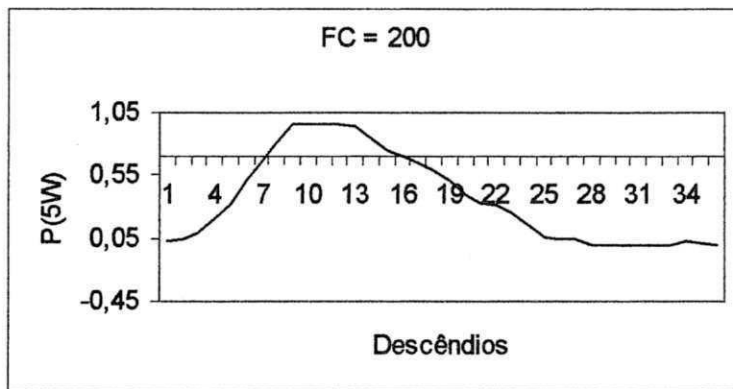
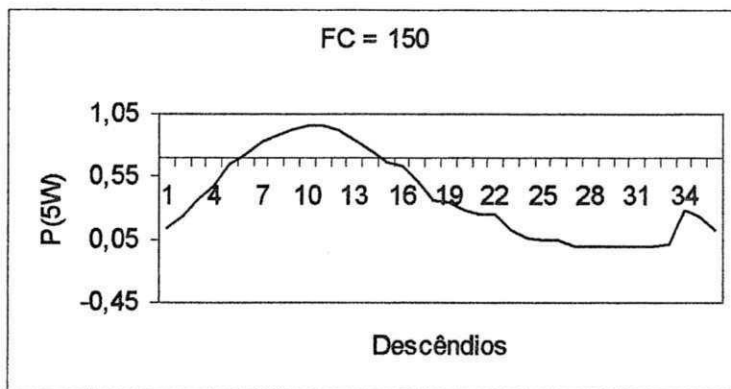
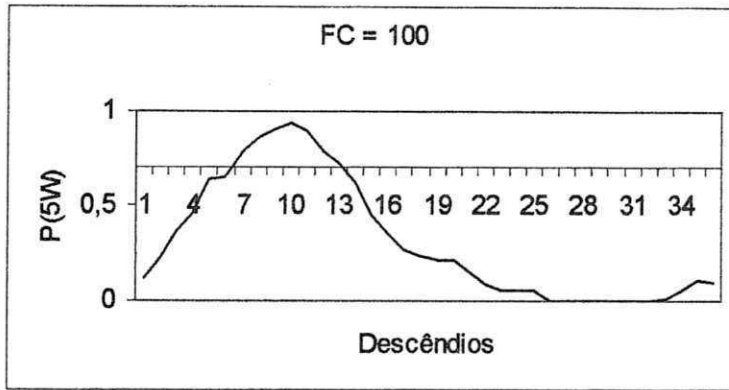


## 2.26 - PORCOS FZ.

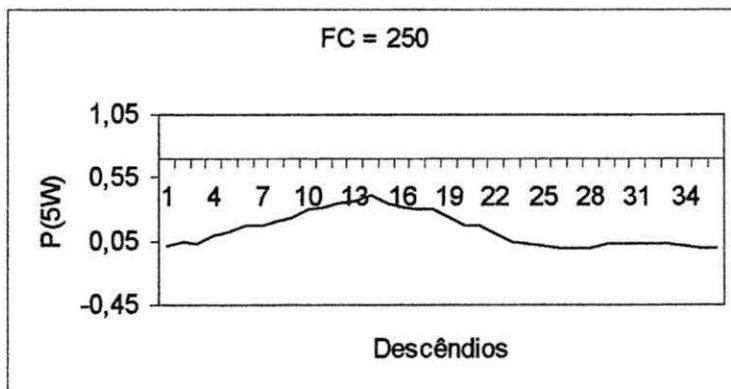
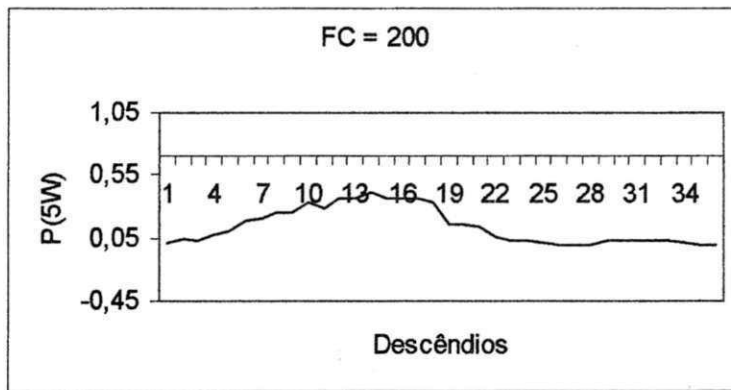
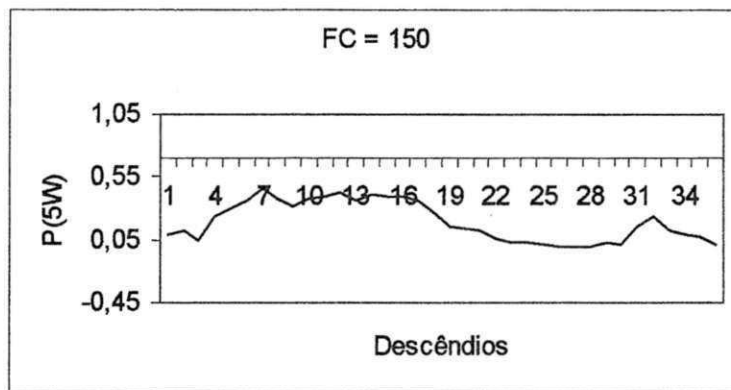
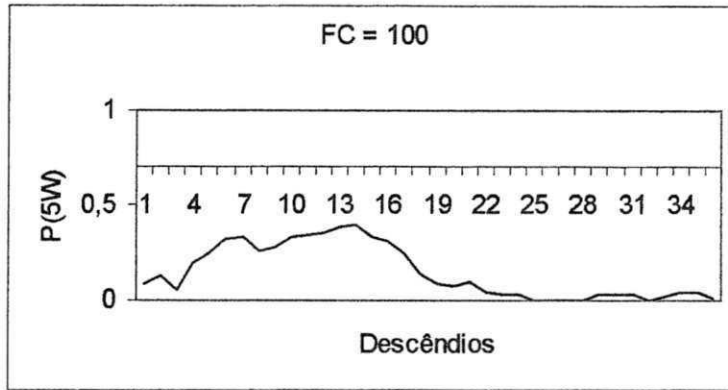




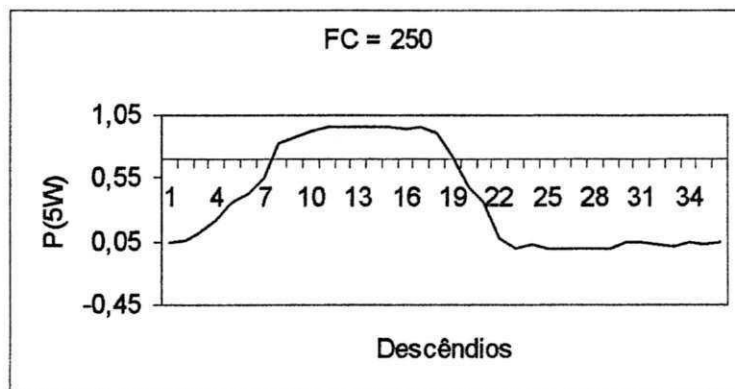
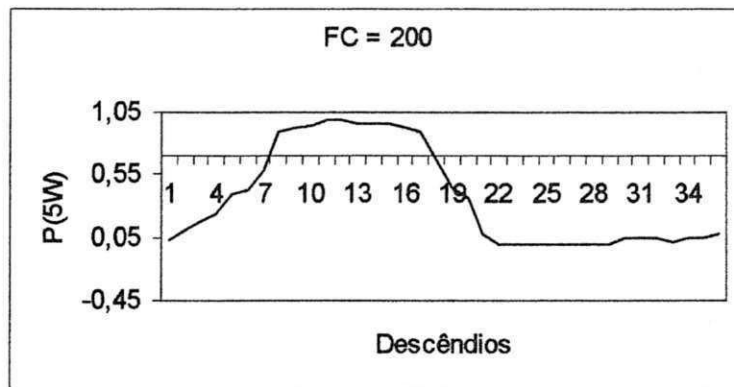
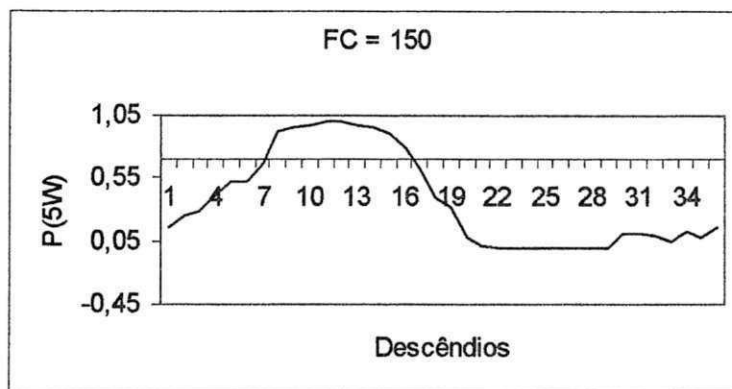
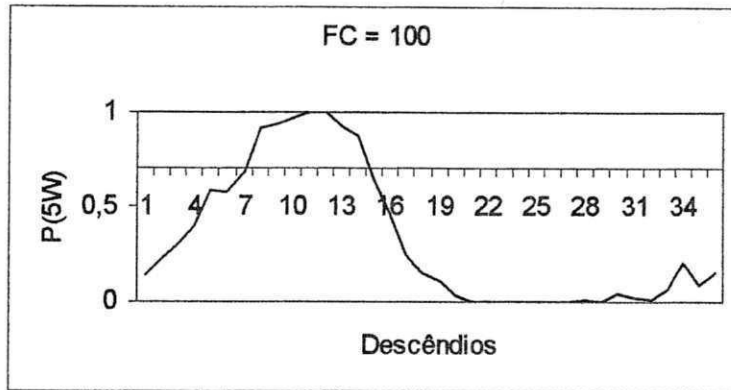
2.27 - TEIXEIRA



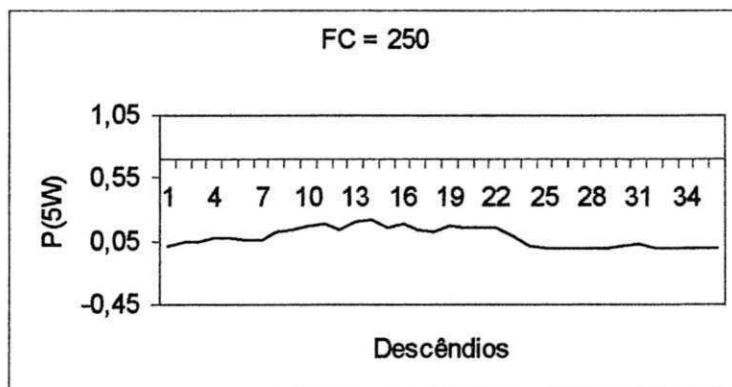
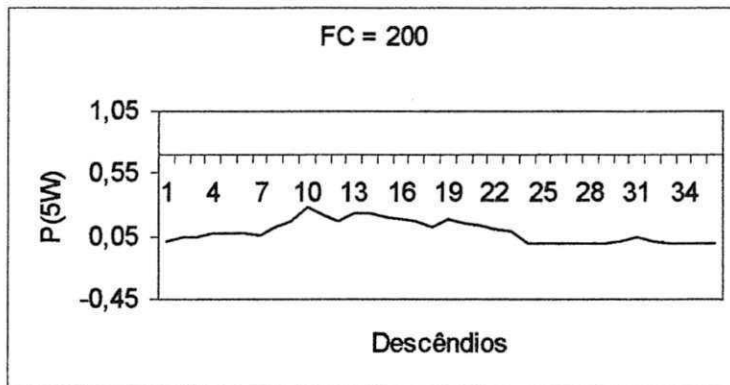
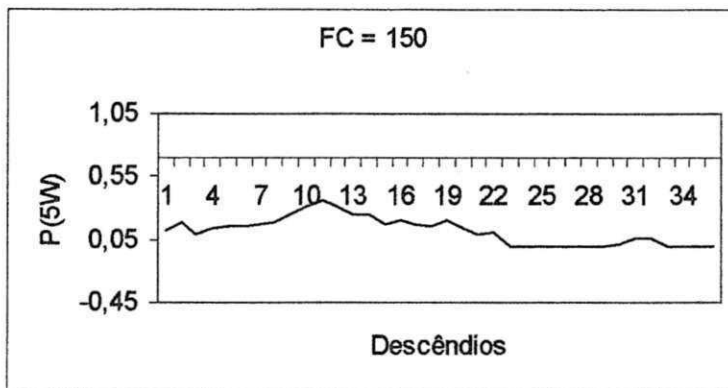
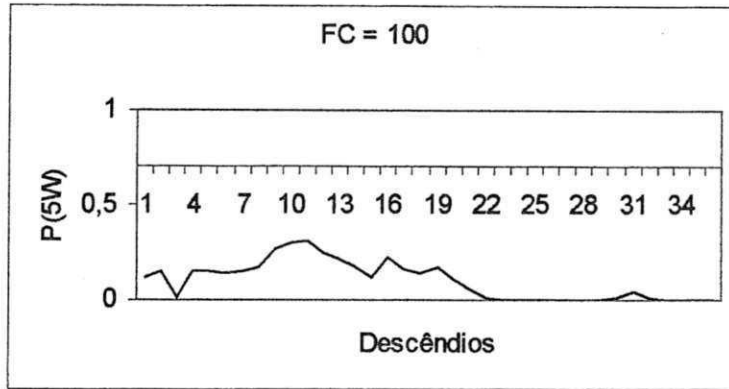
2.28 - SÃO JOÃO DO CARIRI



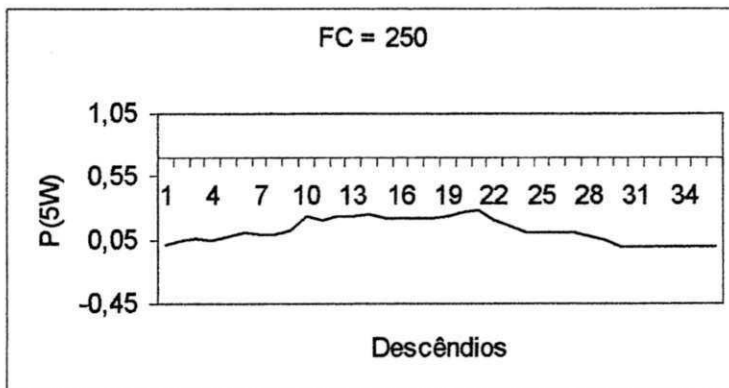
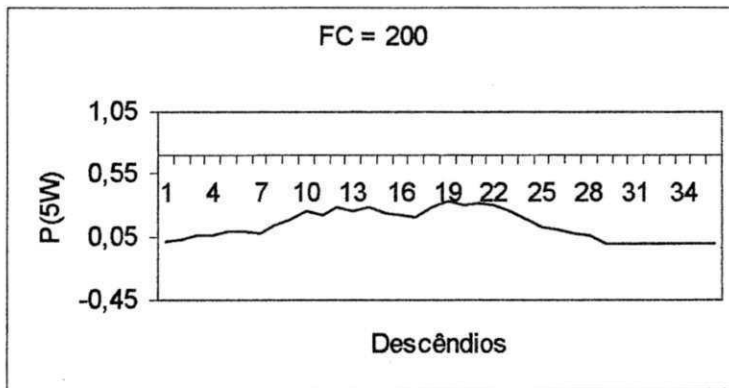
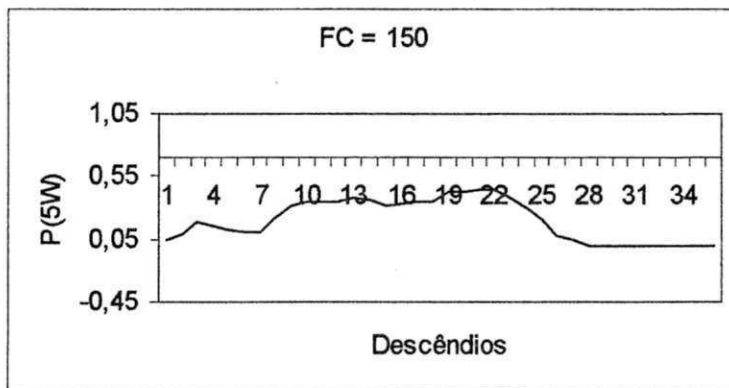
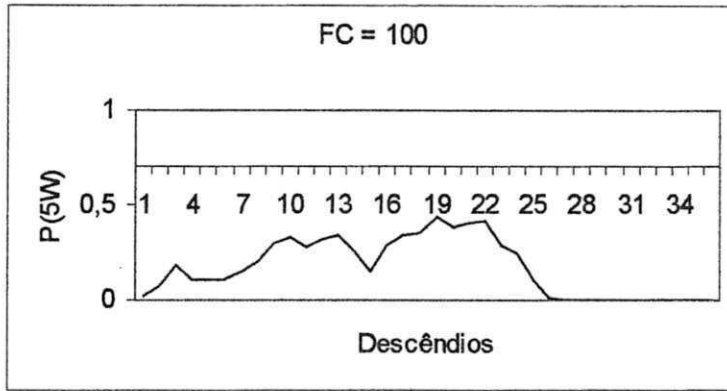
## 2.29 - SERRA BRANCA



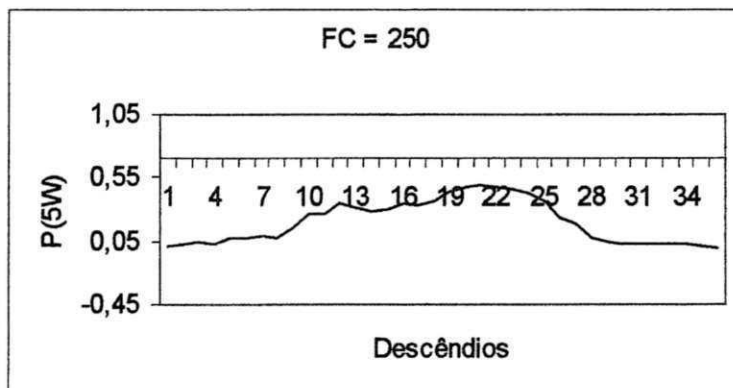
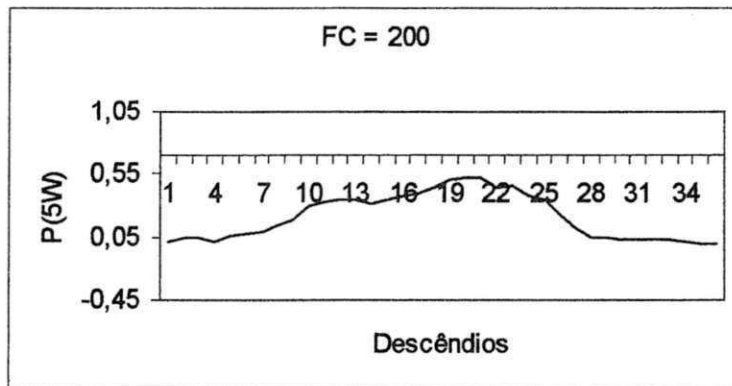
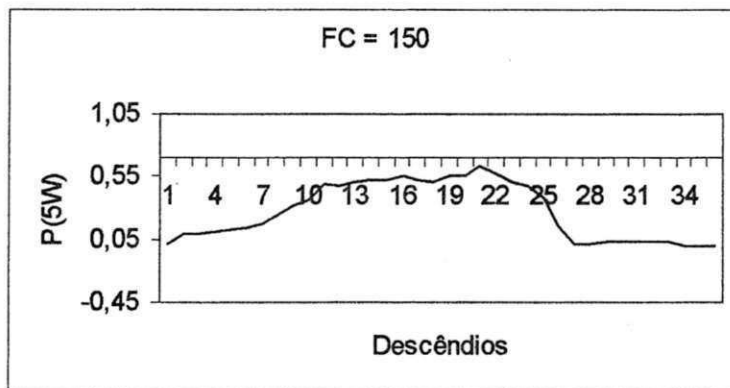
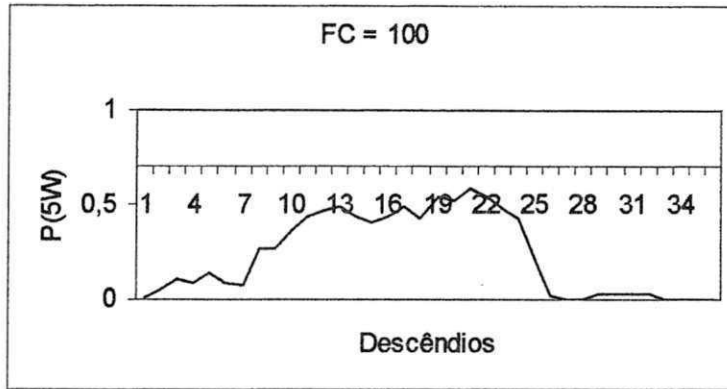
### 2.30 - SOLEDADE



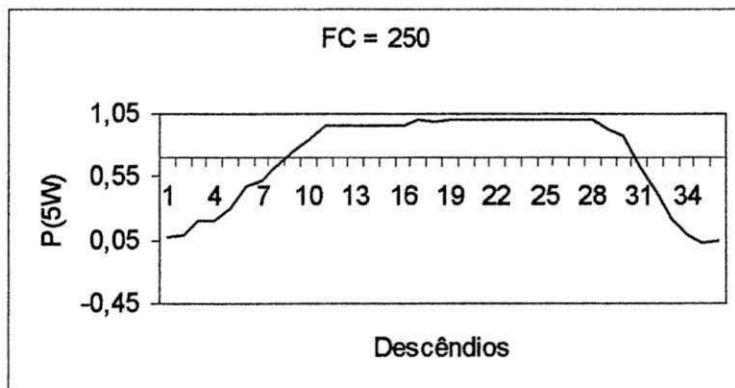
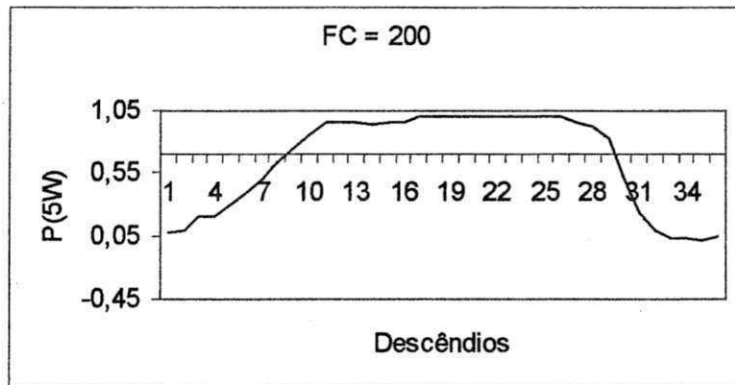
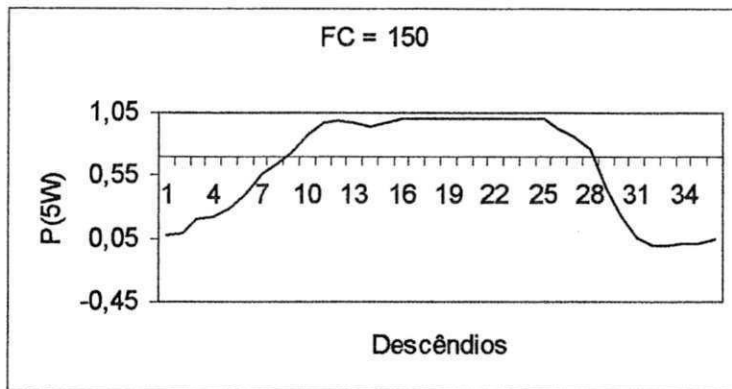
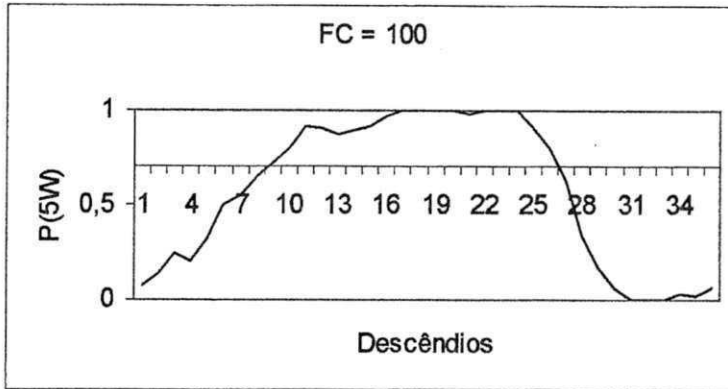
### 2.31 - POCINHOS



### 2.32 - BOA VISTA

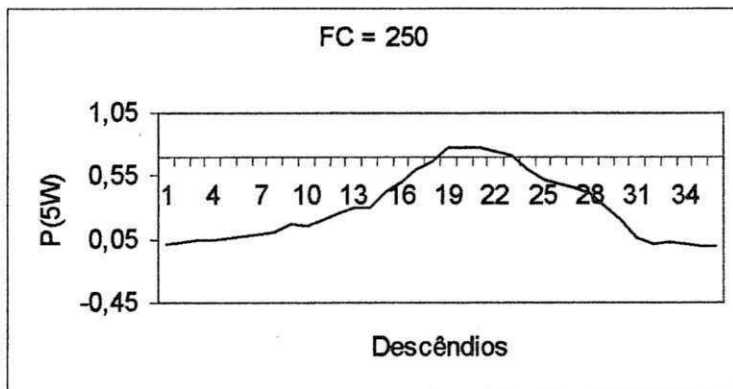
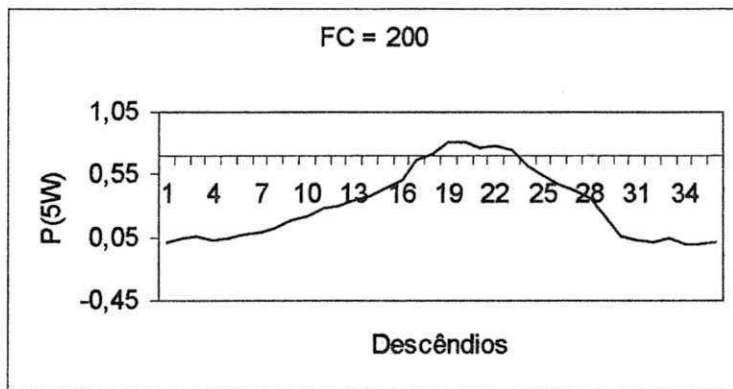
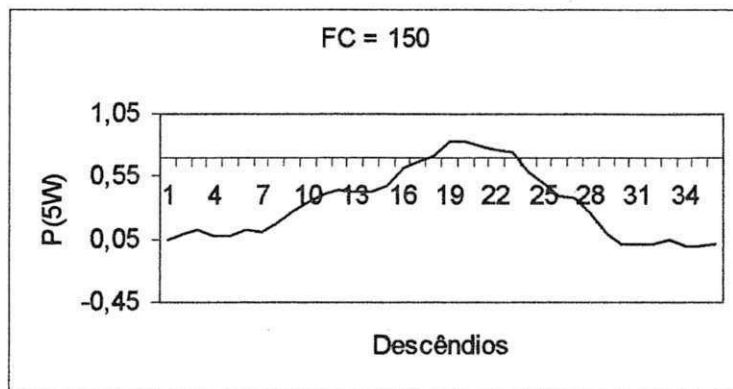
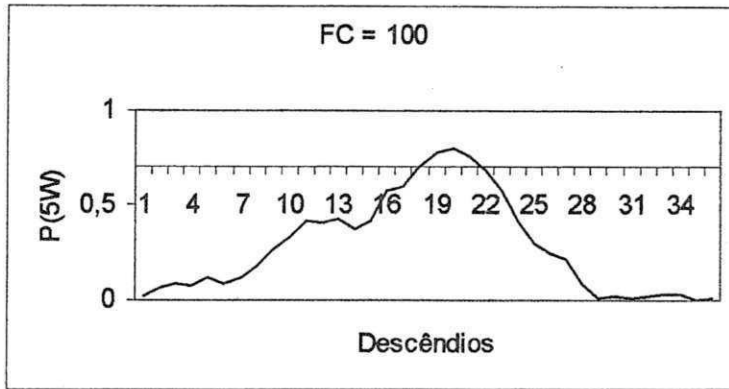


2.33 - ALAGOA NOVA

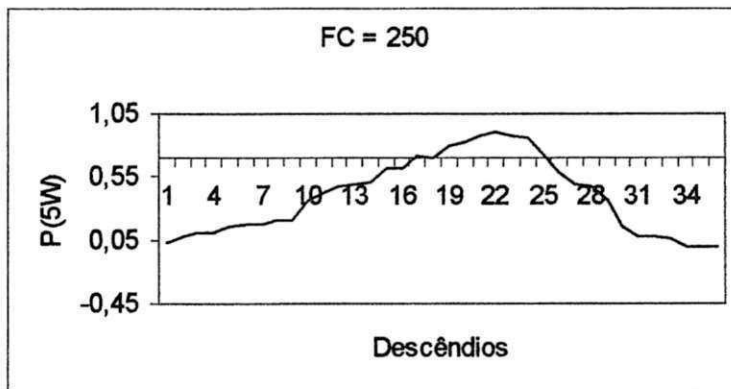
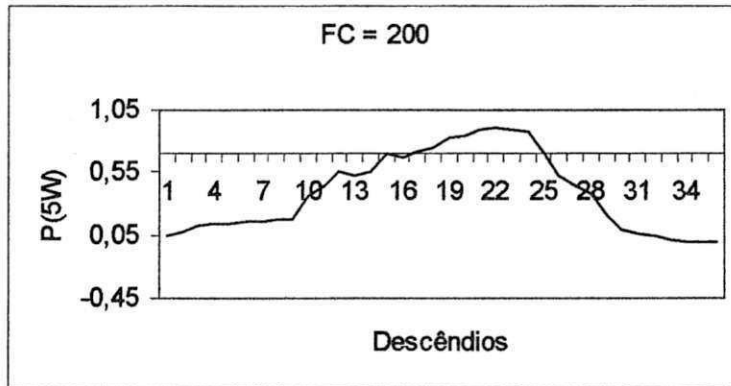
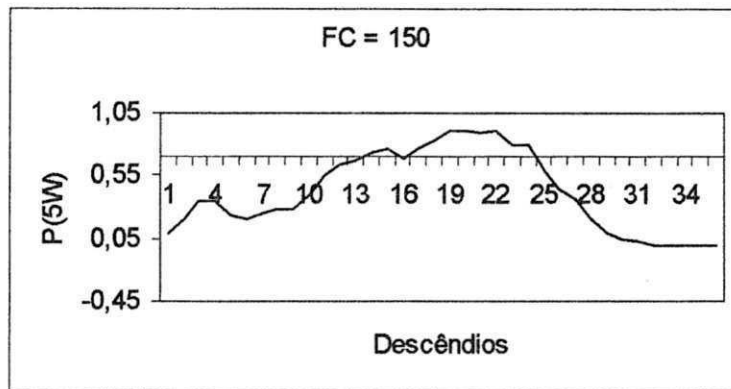
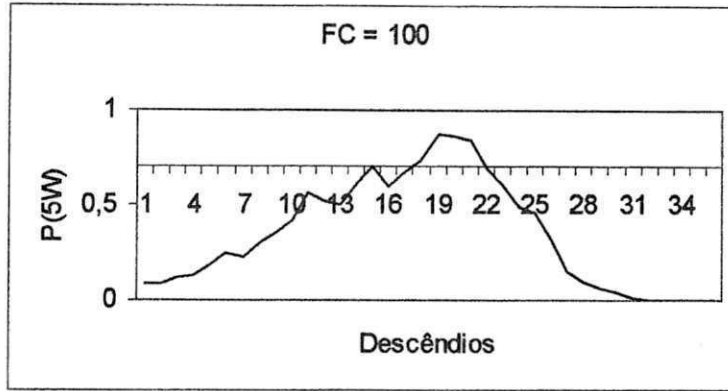




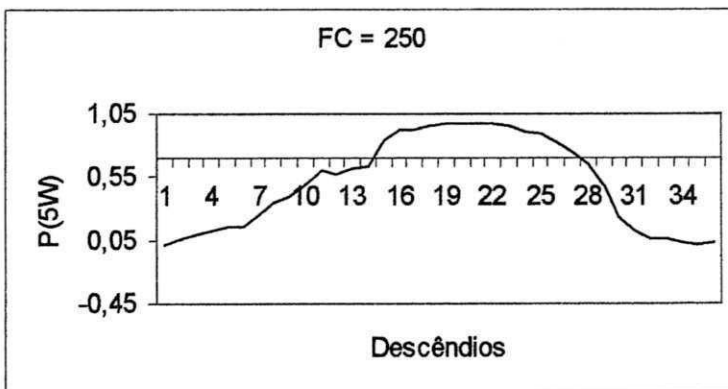
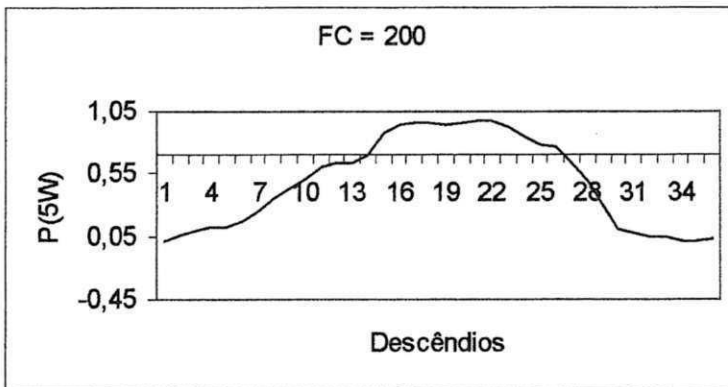
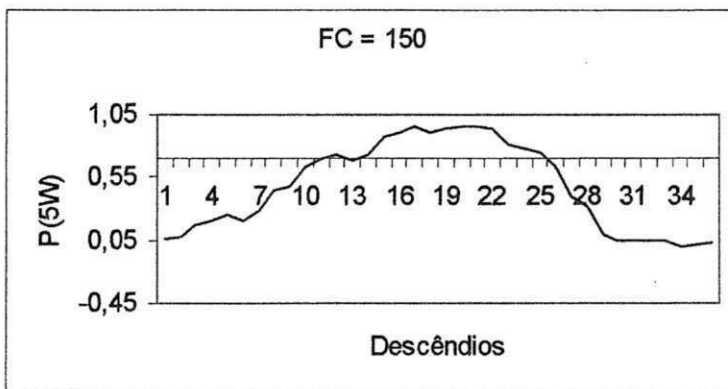
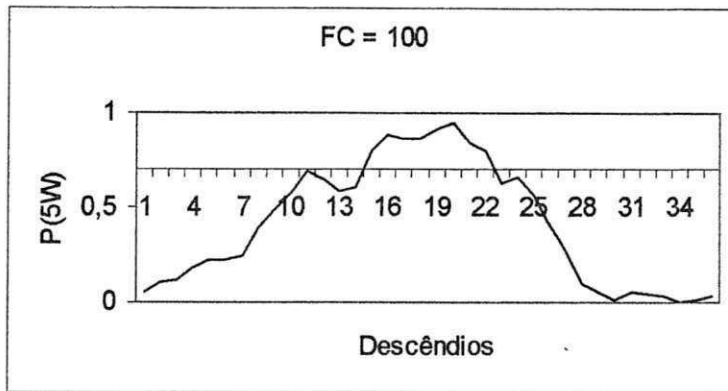
2.34 - INGÁ



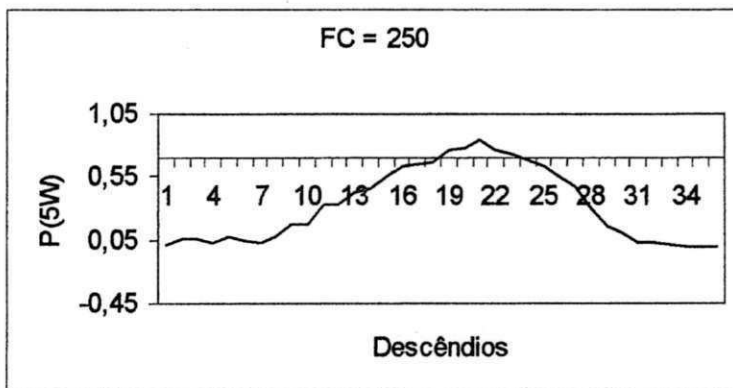
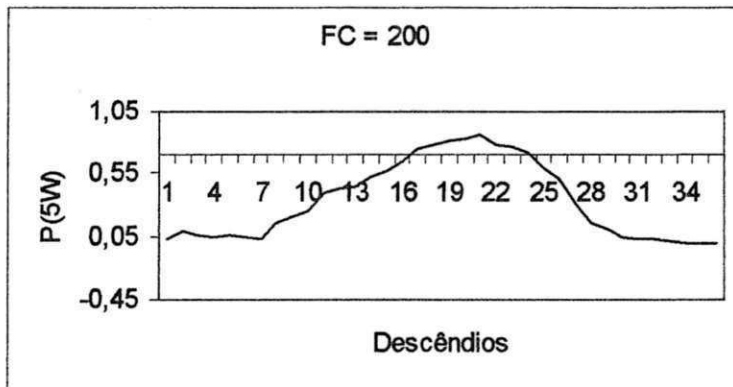
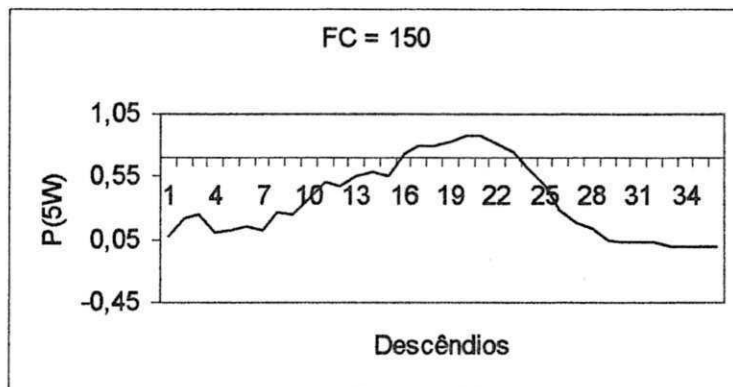
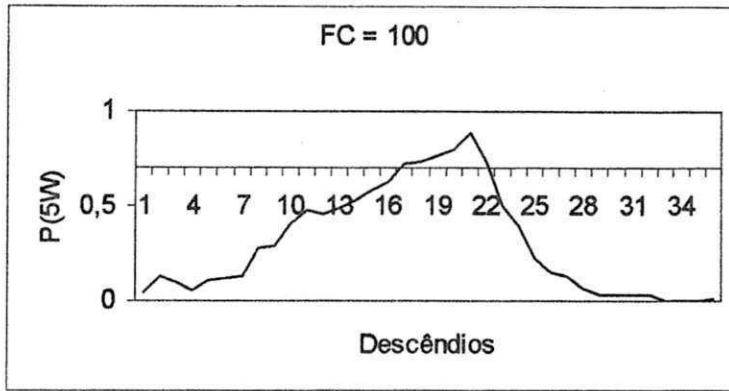
### 2.35 - MULUNGÚ



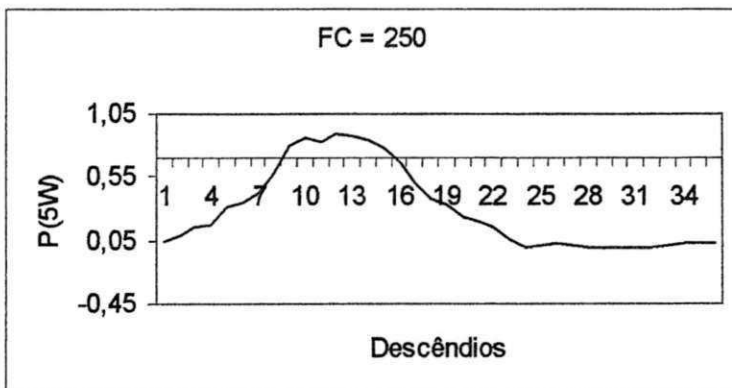
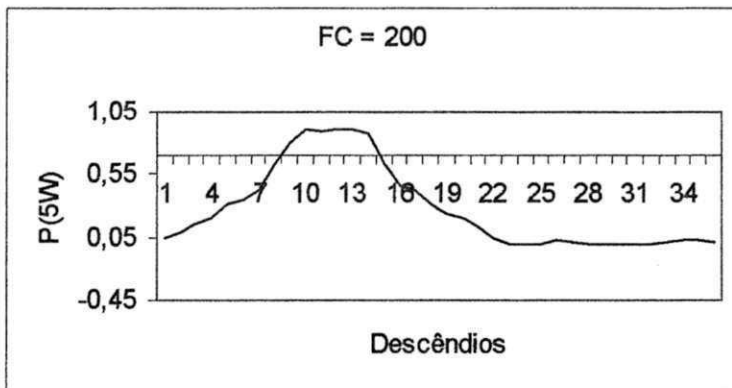
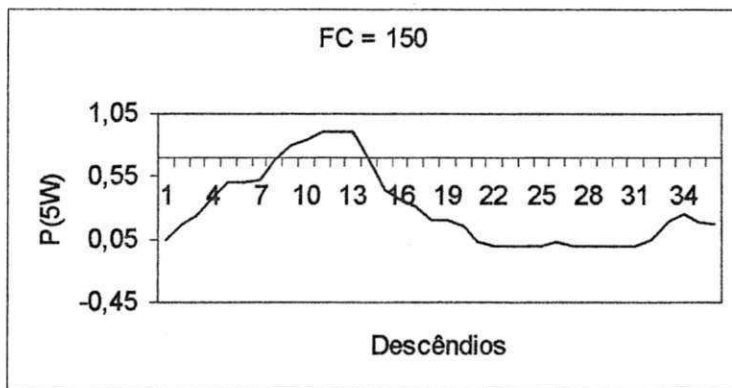
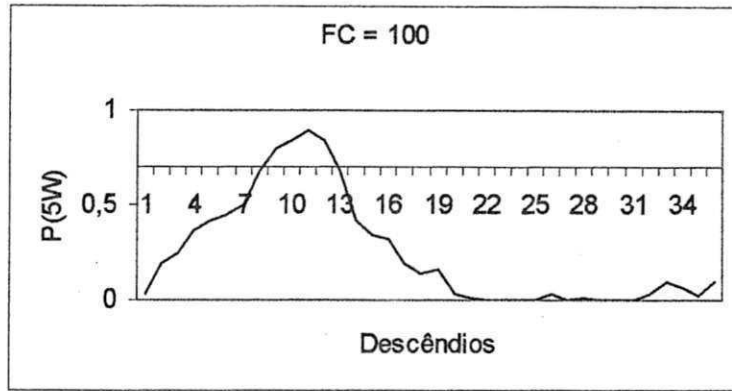
2.36 - SAPÉ



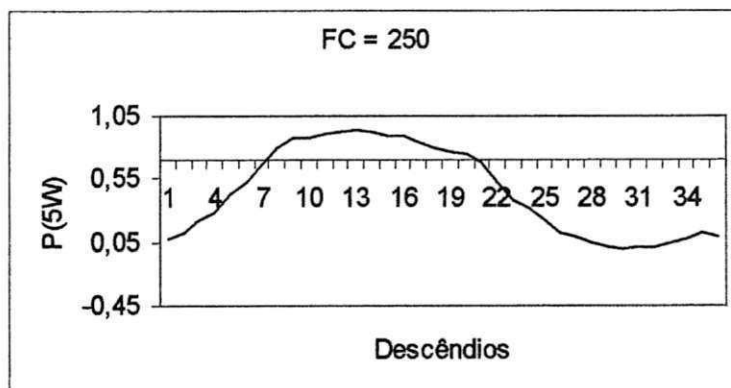
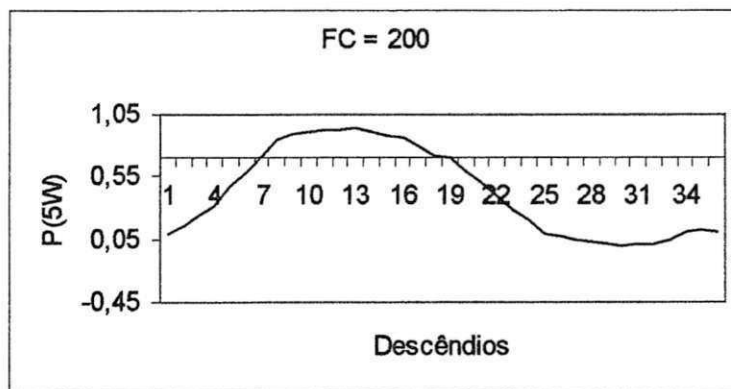
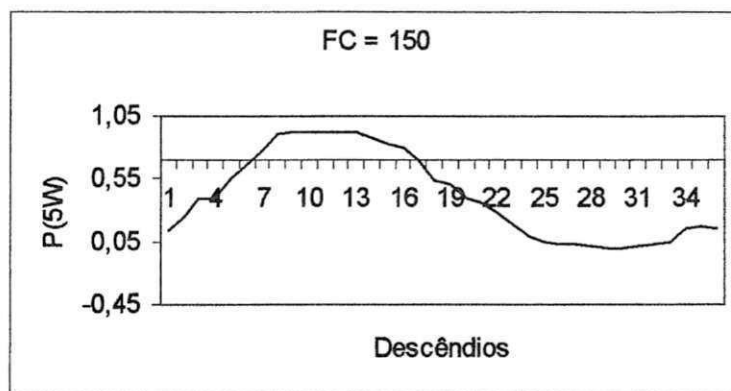
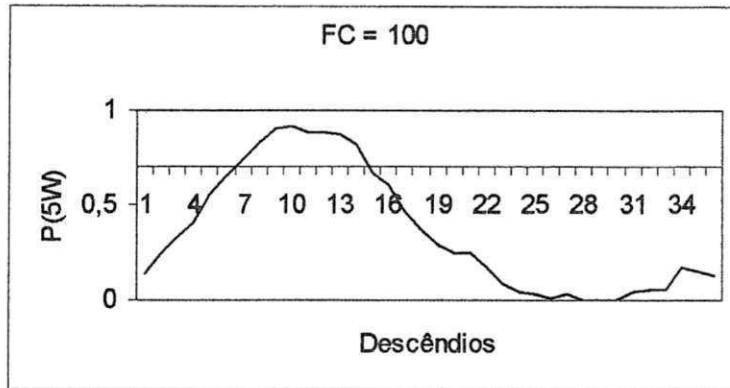
2.37 - ITABAIANA



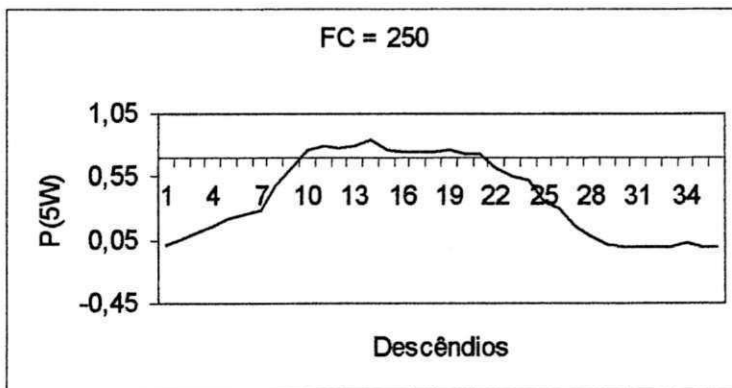
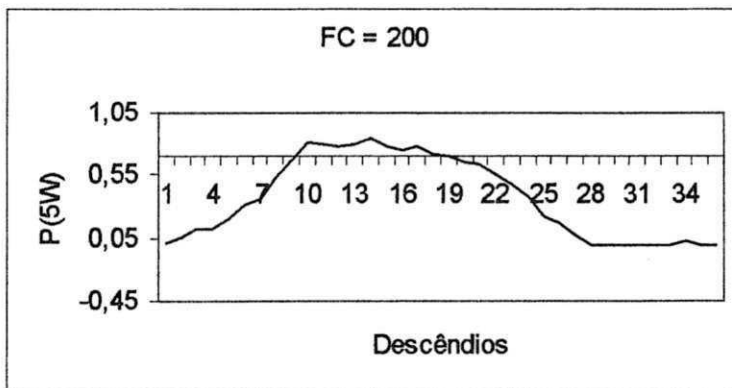
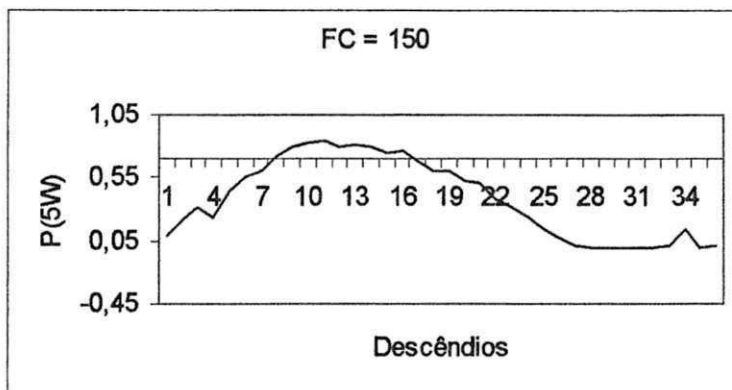
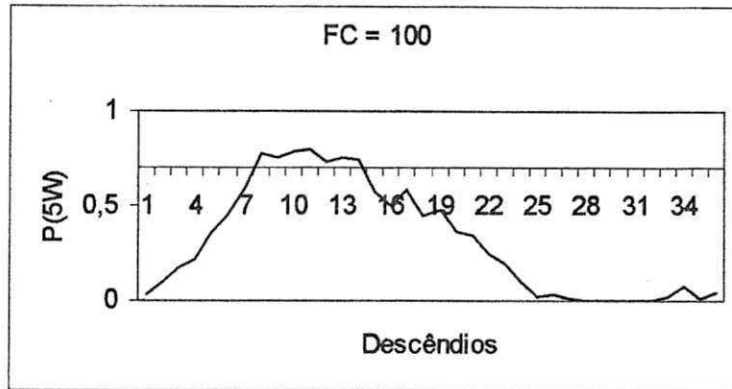
### 2.38 - CONCEIÇÃO



### 2.39 - PRINCESA ISABEL

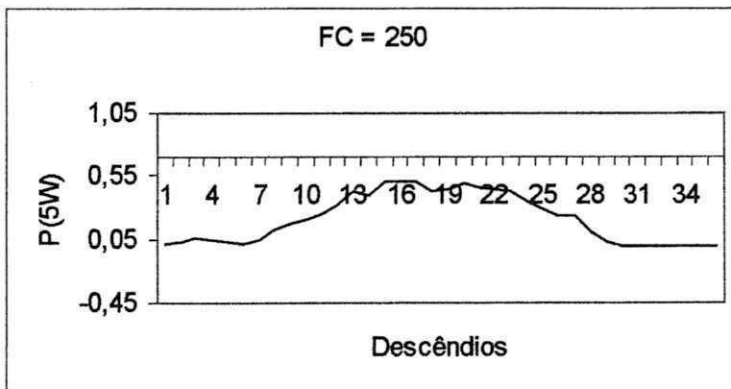
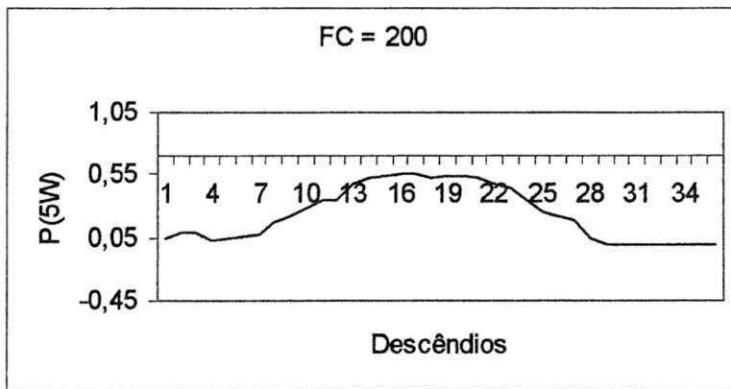
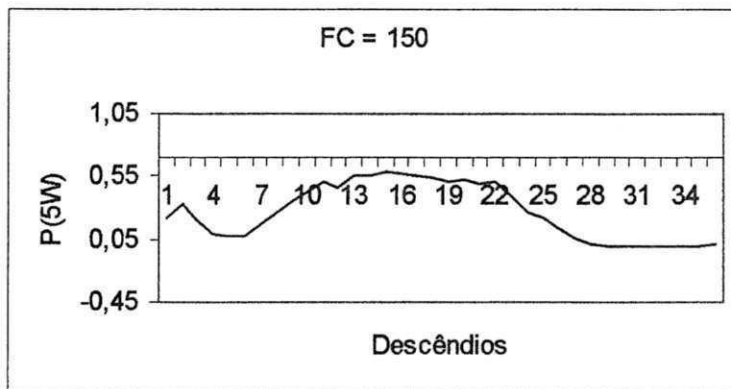
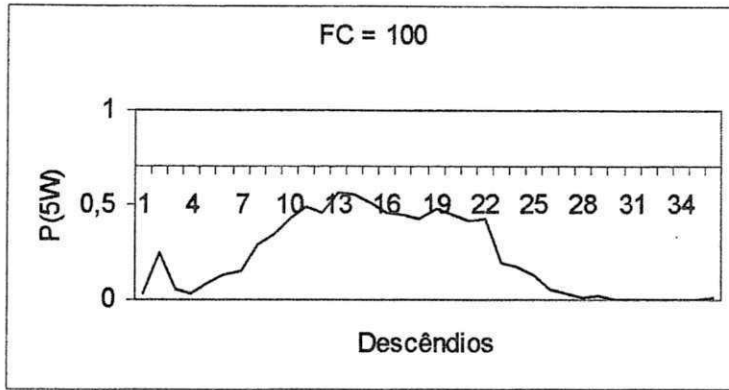


## 2.40 - ÁGUA BRANCA

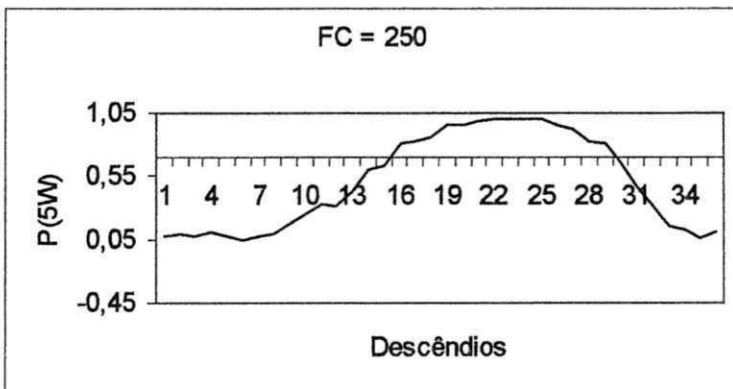
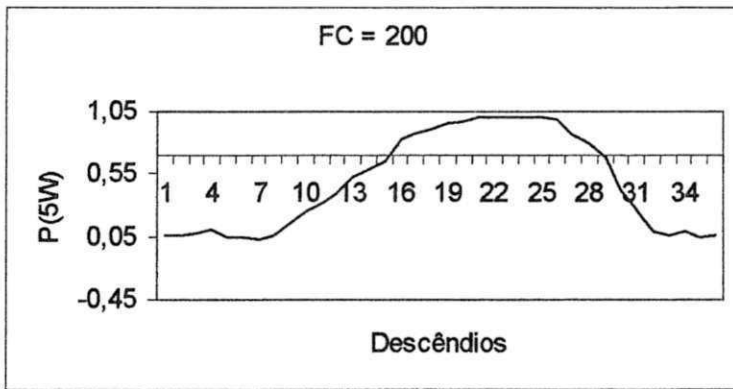
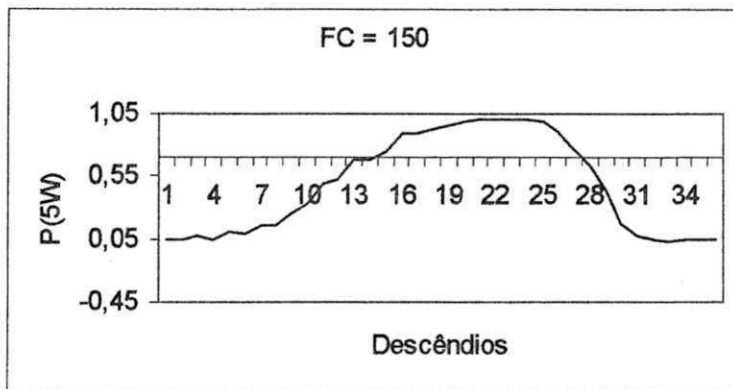
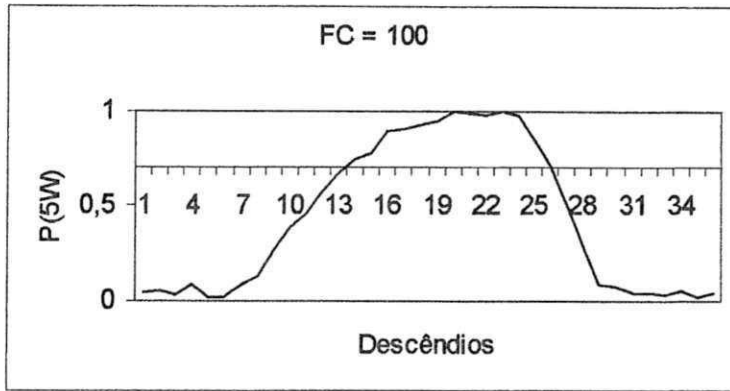




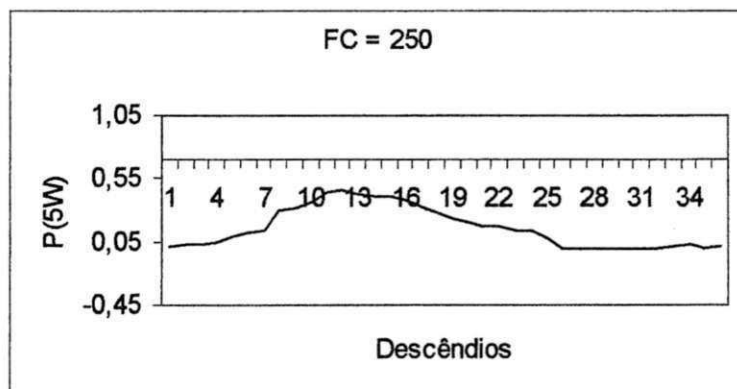
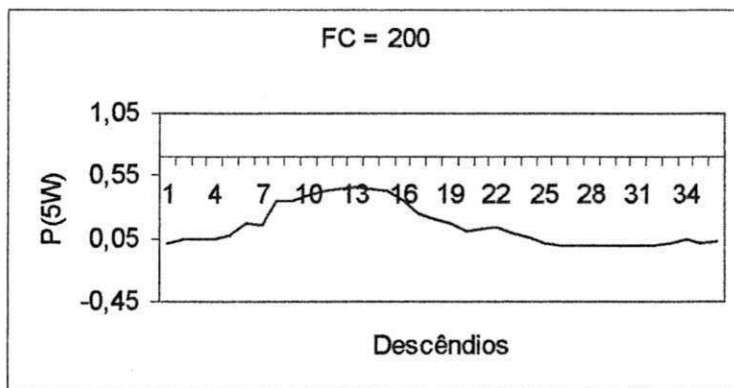
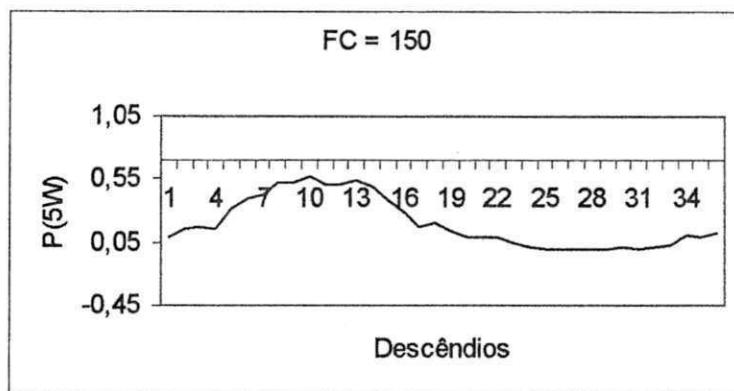
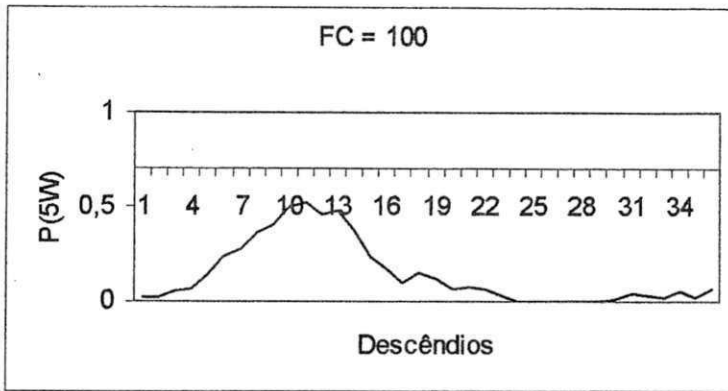
## 2.41 - BODOCONGÓ



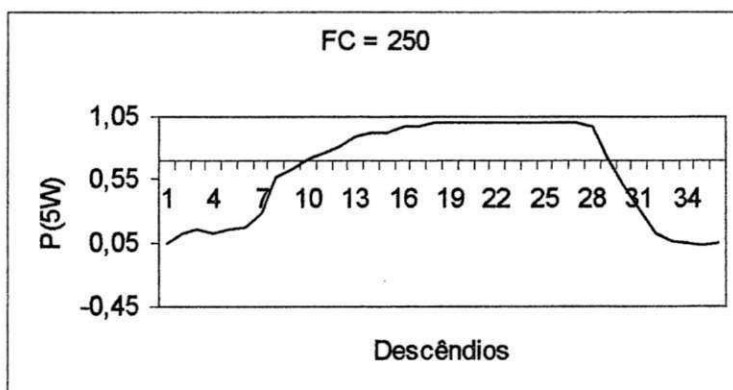
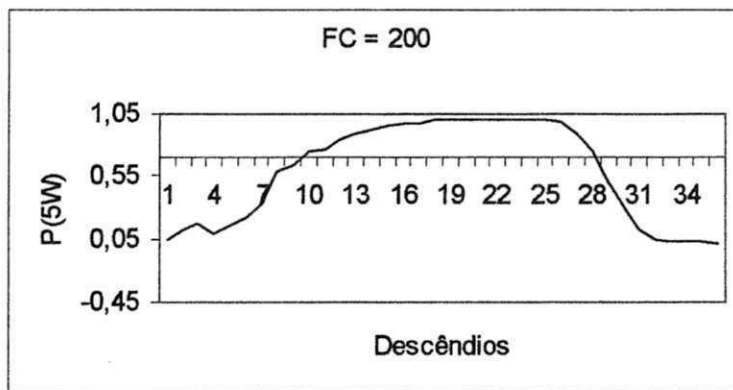
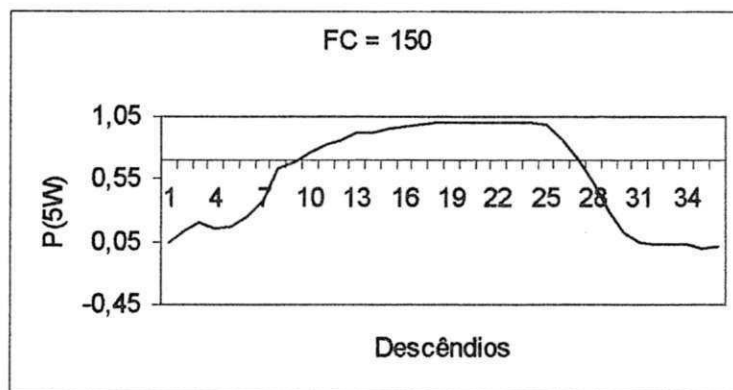
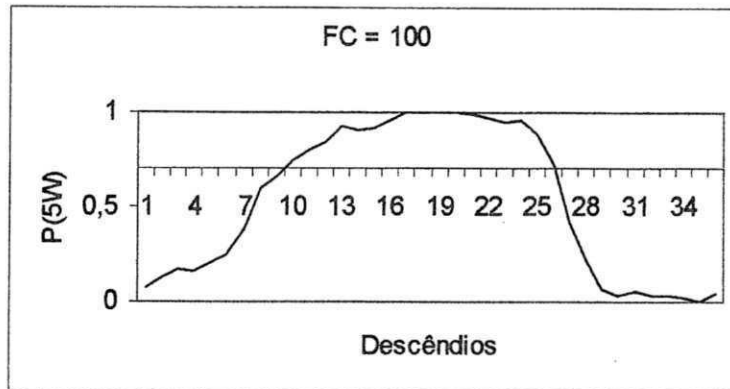
## 2.42 - UMBUZEIRO



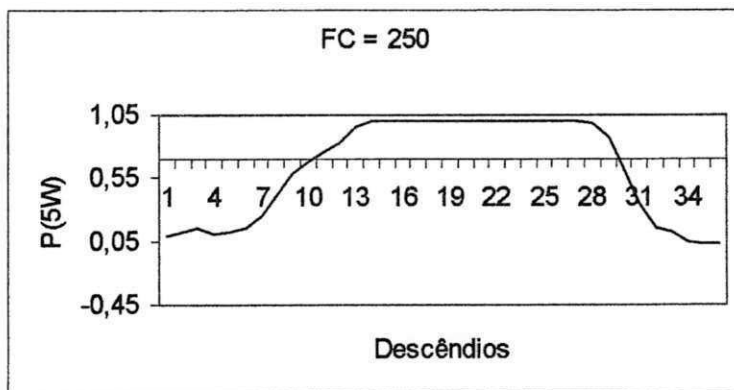
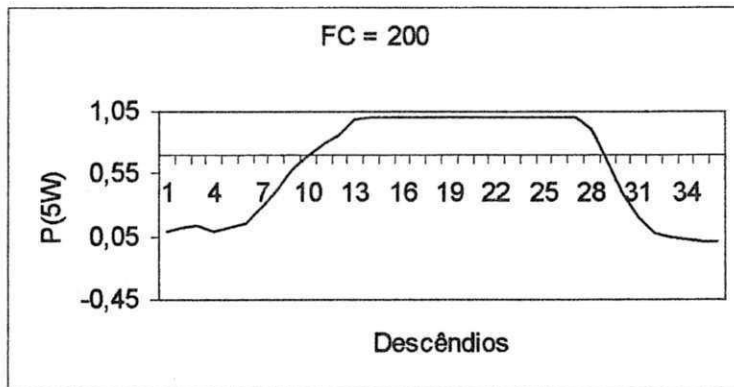
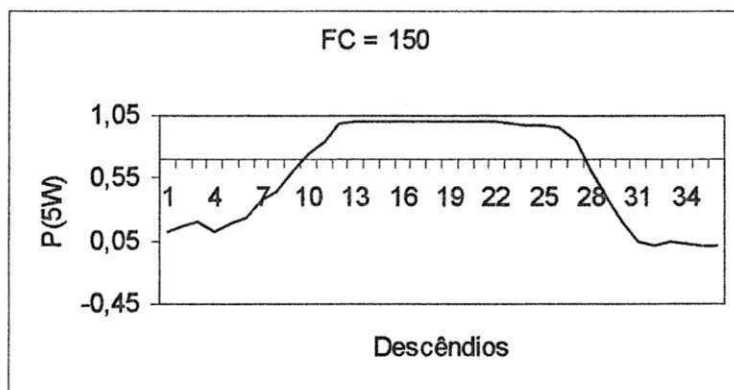
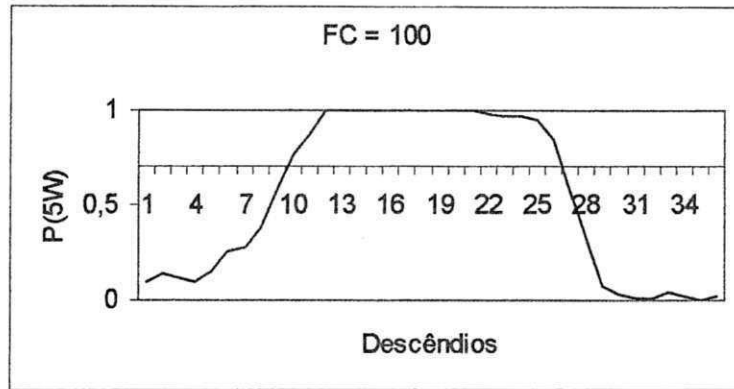
2.43 - SÃO JOÃO DO TIGRE



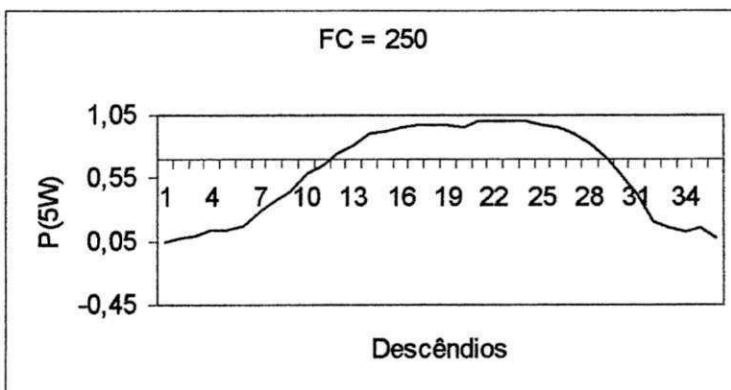
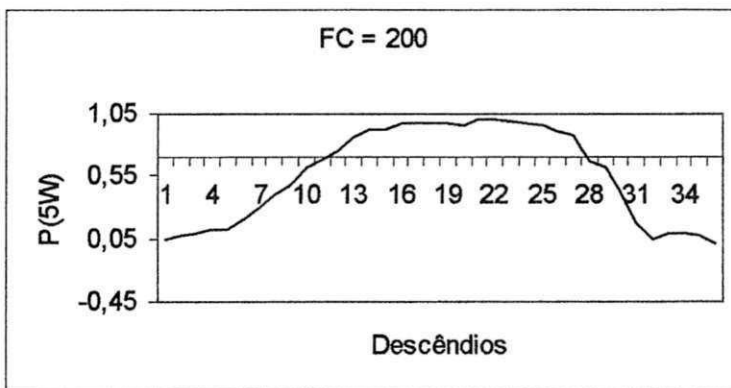
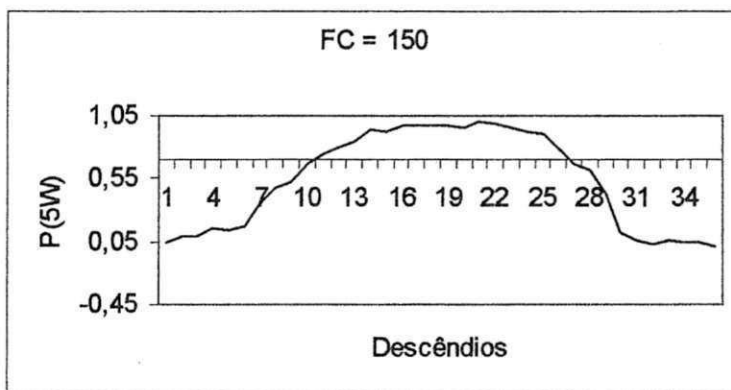
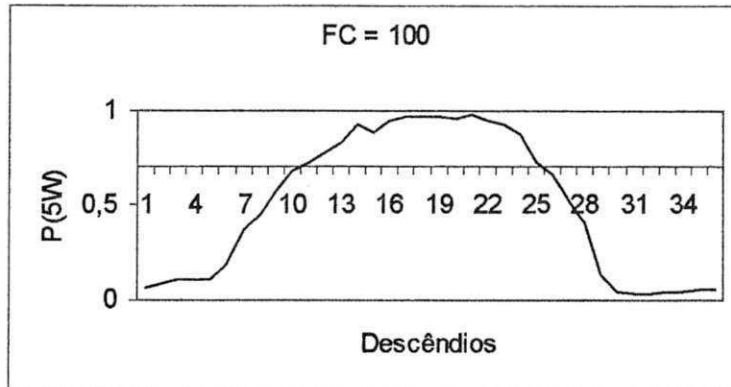
## 2.44 - SANTA RITA



## 2.45 - JOÃO PESSOA



## 2.46 - ALHANDRA

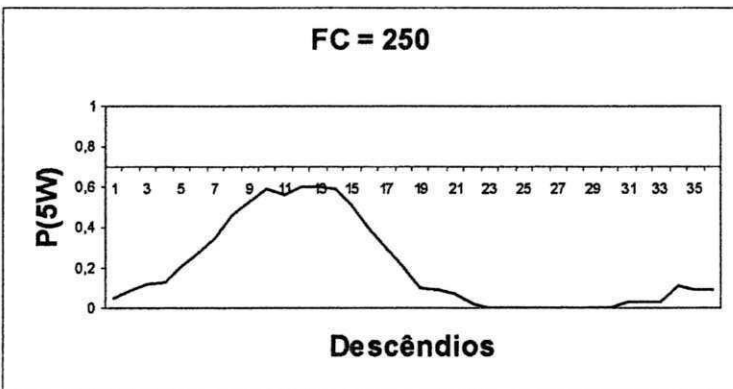
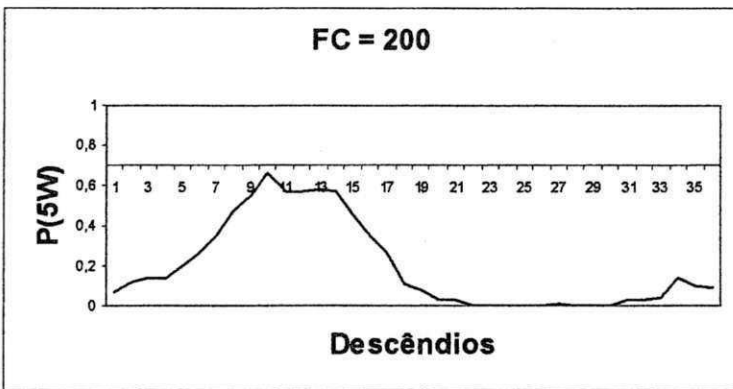
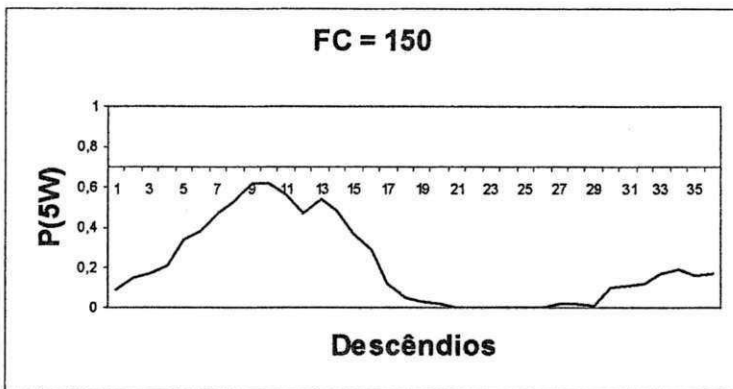
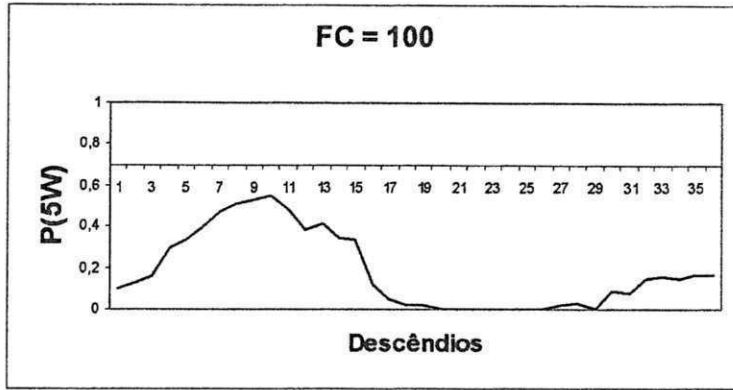


## **ANEXO 3**

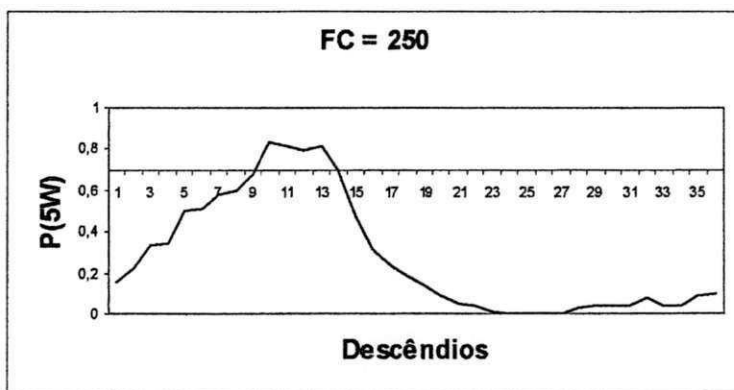
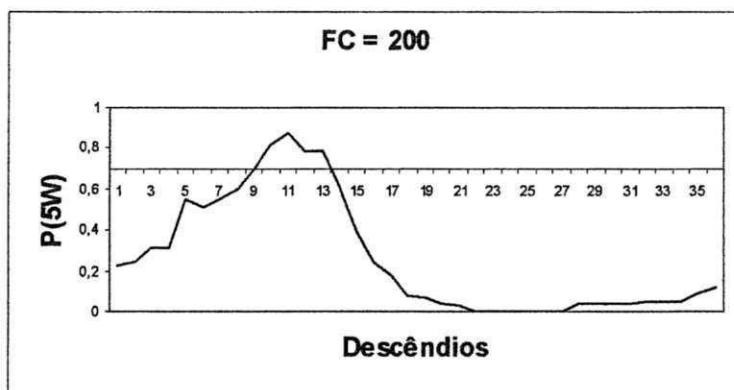
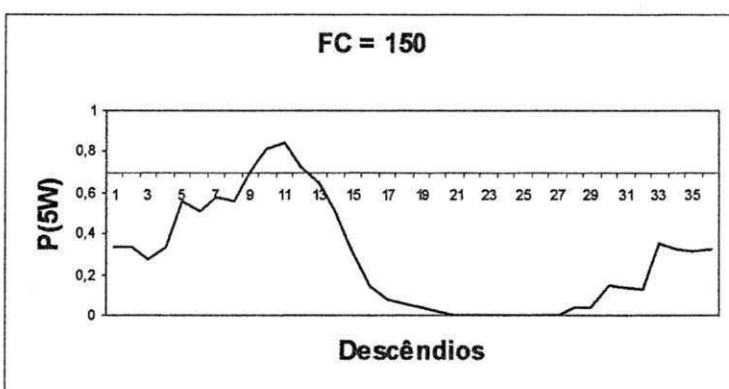
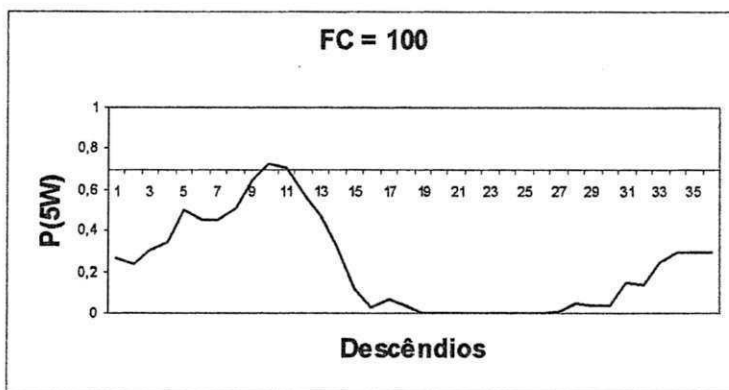
### **Varição decencial de ad e p(5w) para Pernambuco**



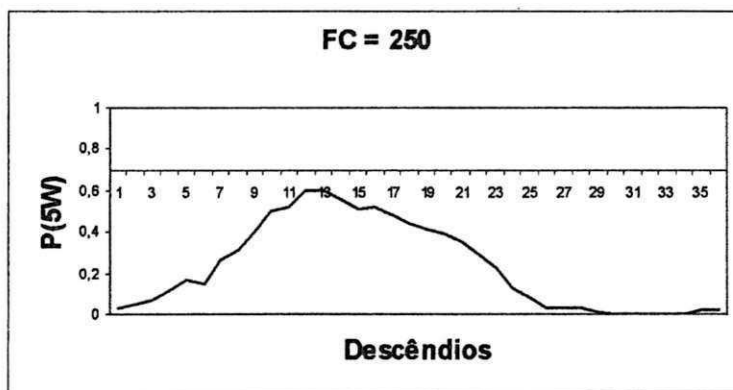
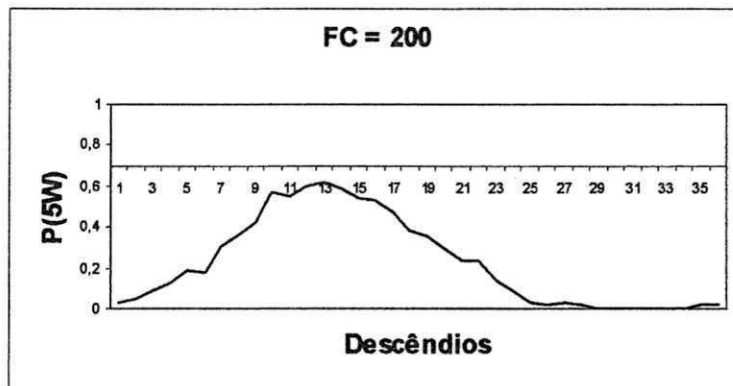
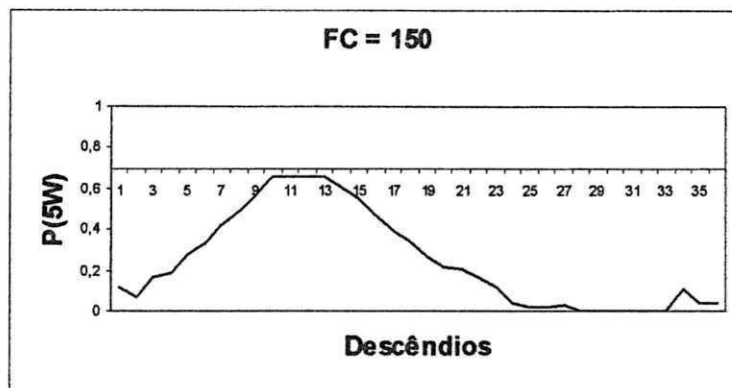
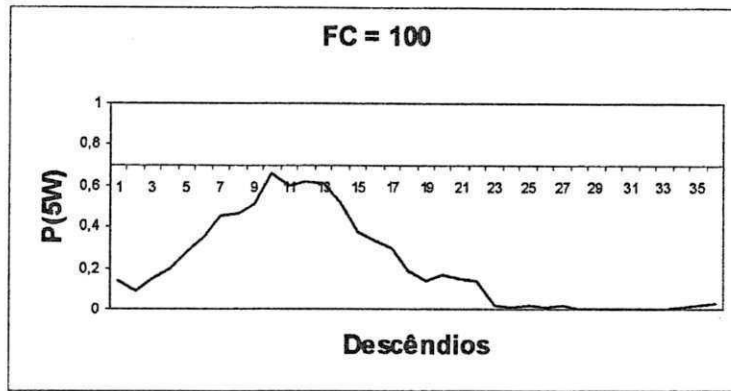
### 3.1 - OURICURI



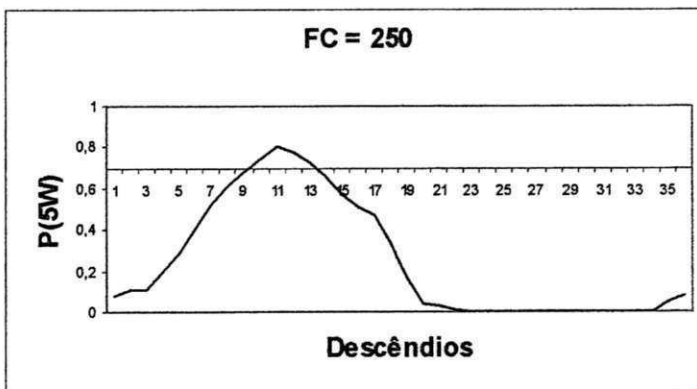
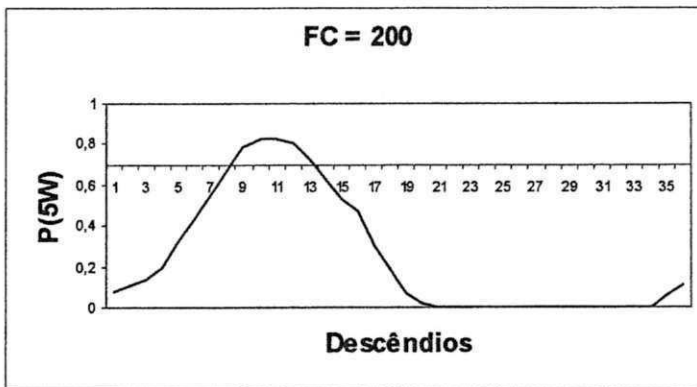
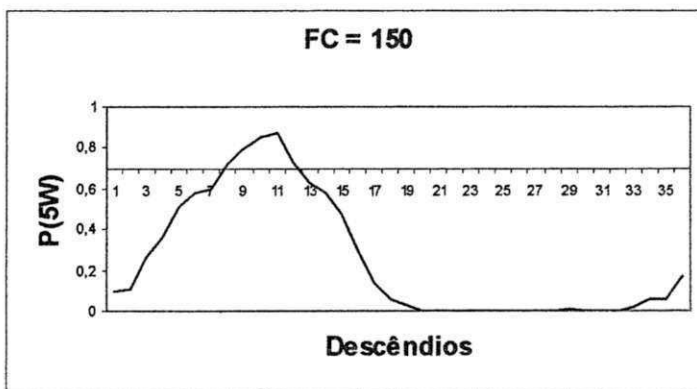
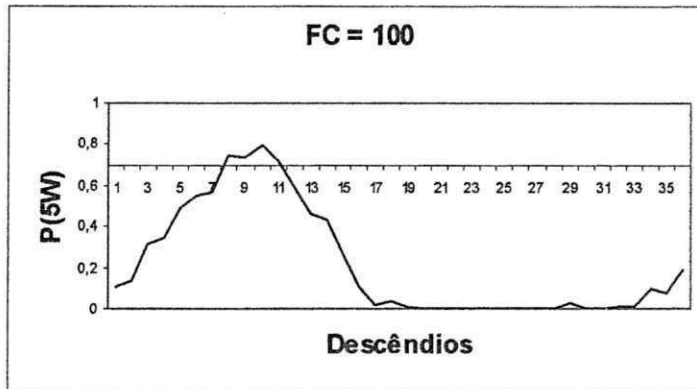
### 3.2 - CACHOEIRA DO ROBERTO



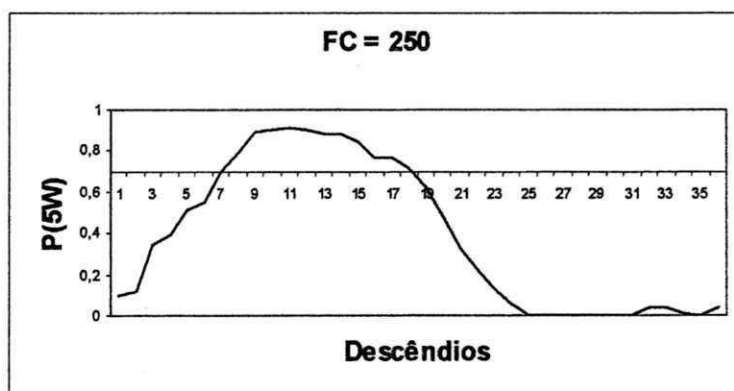
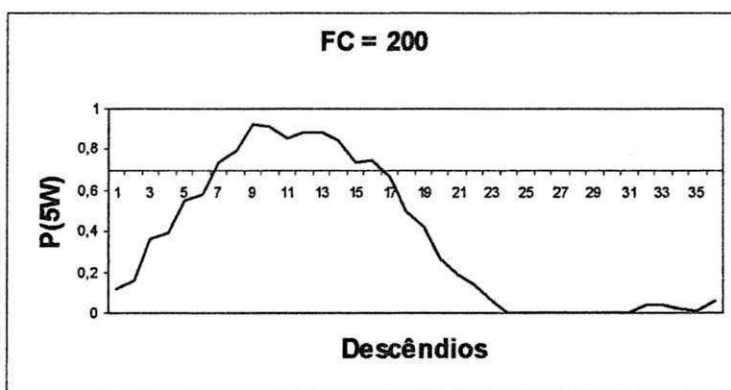
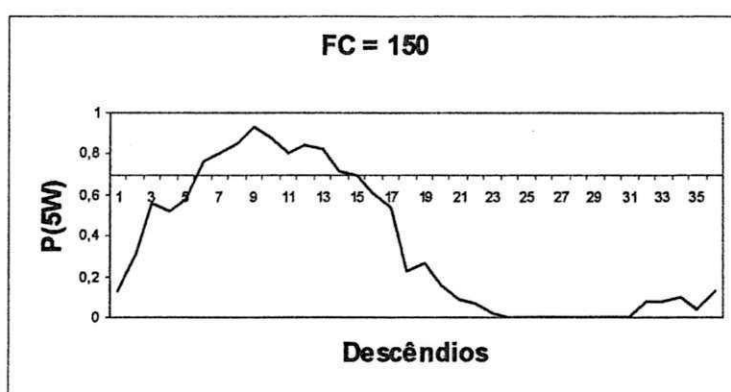
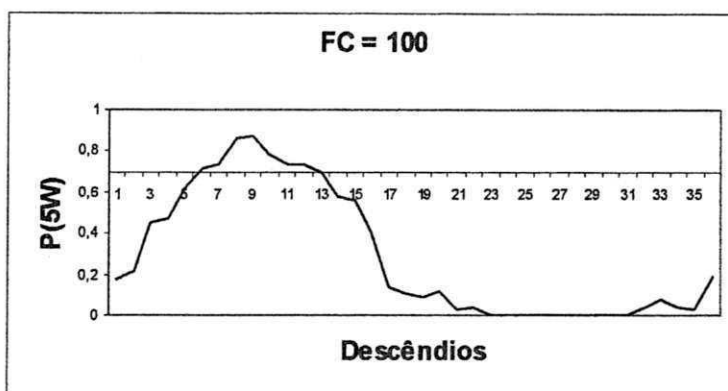
### 3.3 - SÃO JOSÉ DO EGITO



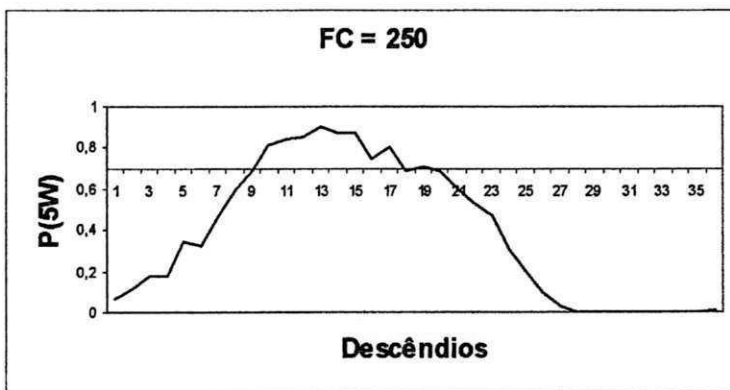
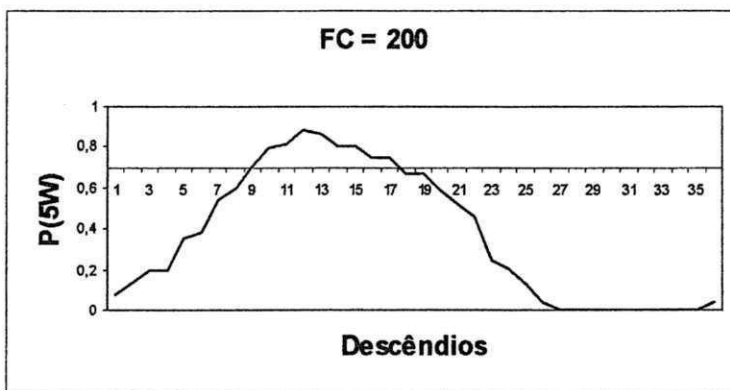
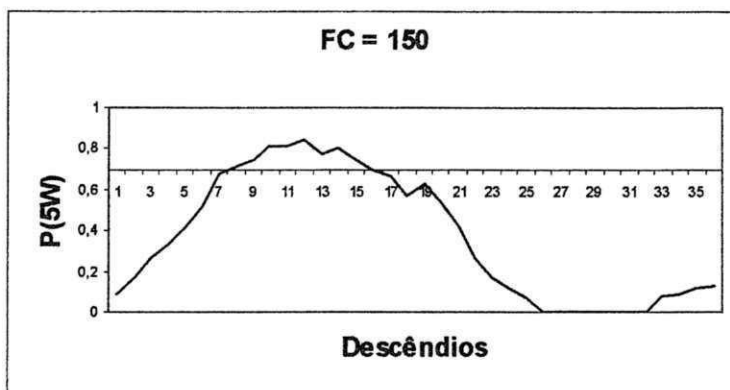
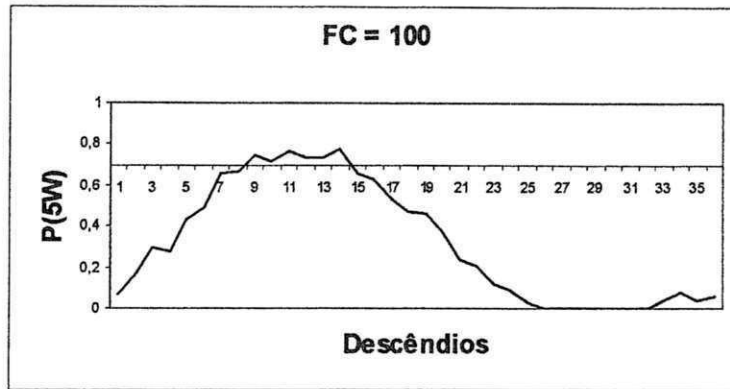
### 3.4 - IPUEIRA



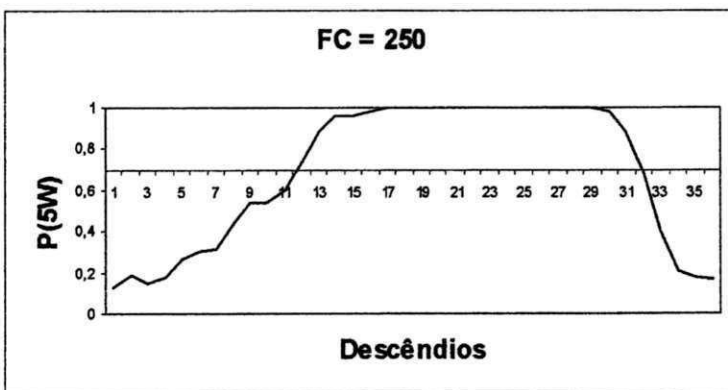
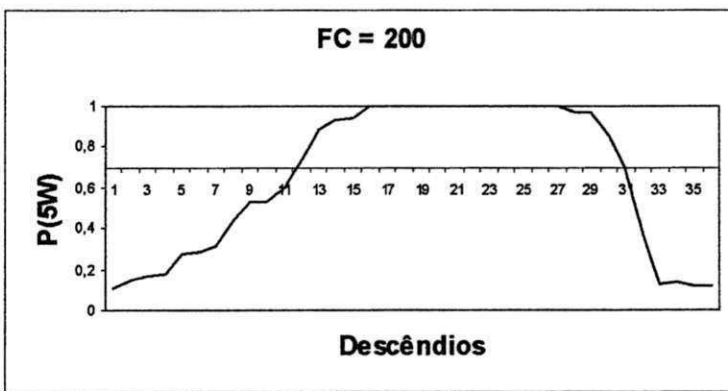
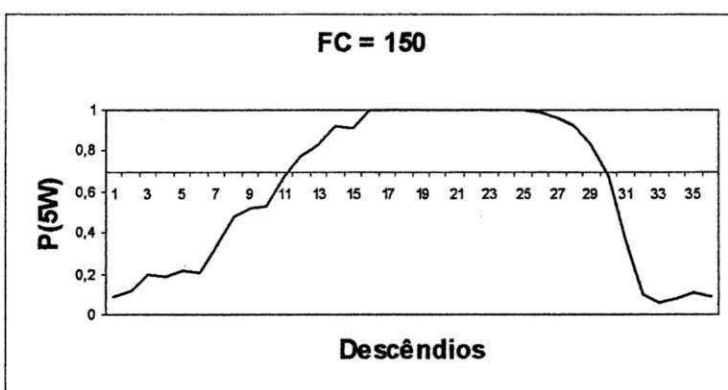
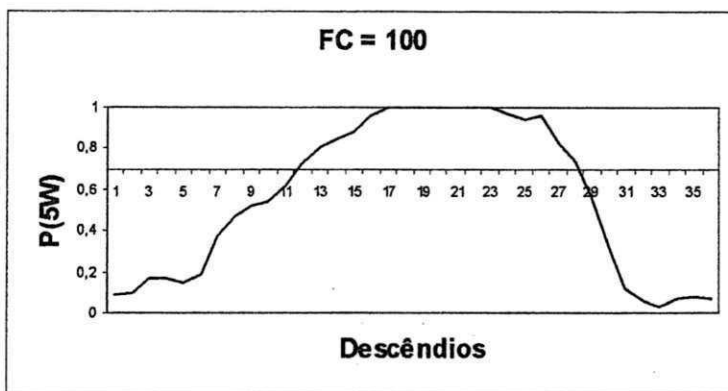
### 3.5 - SÃO JOSÉ DO BELMONTE



### 3.6 - CARNAÍBA

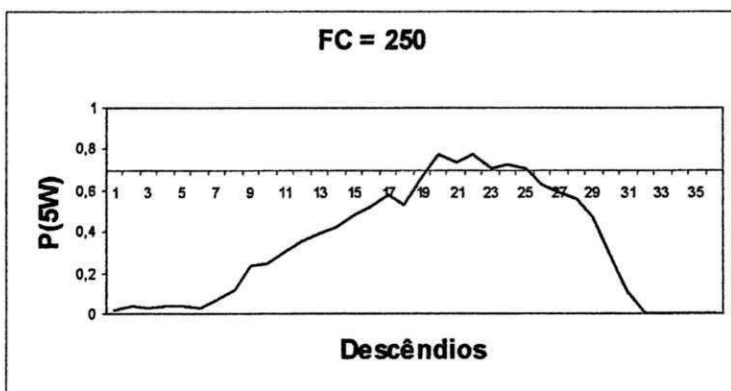
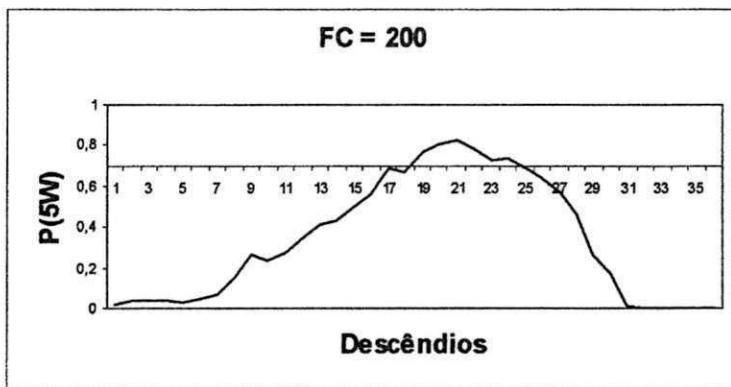
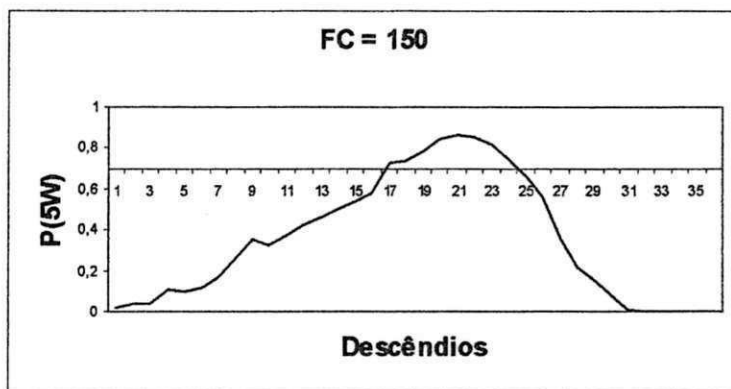
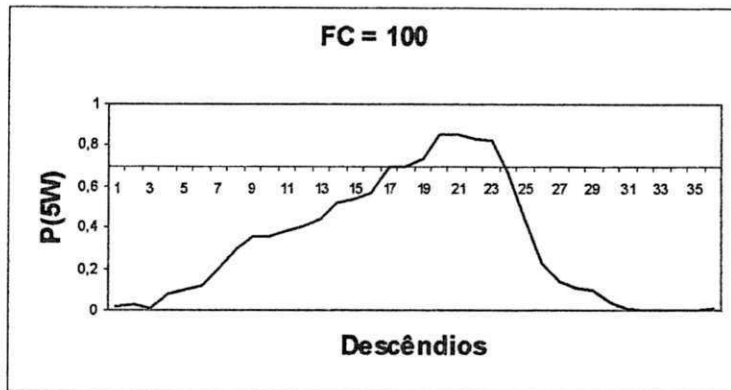


### 3.7 - MACHADOS

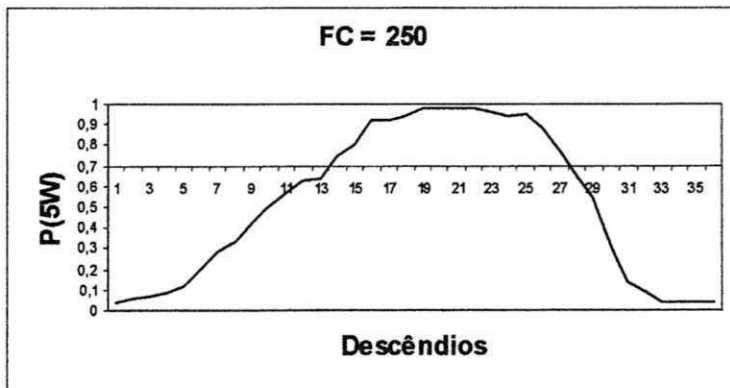
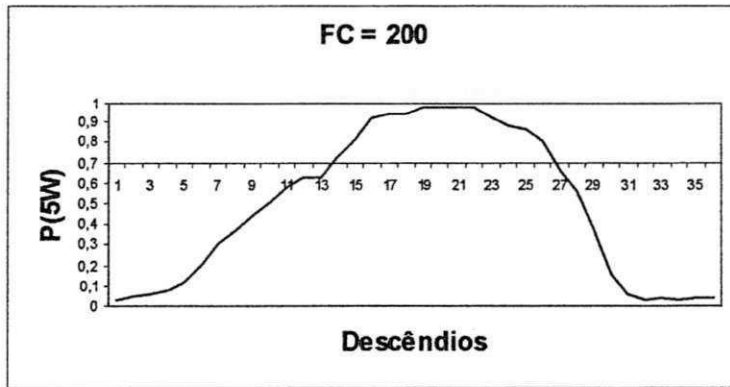
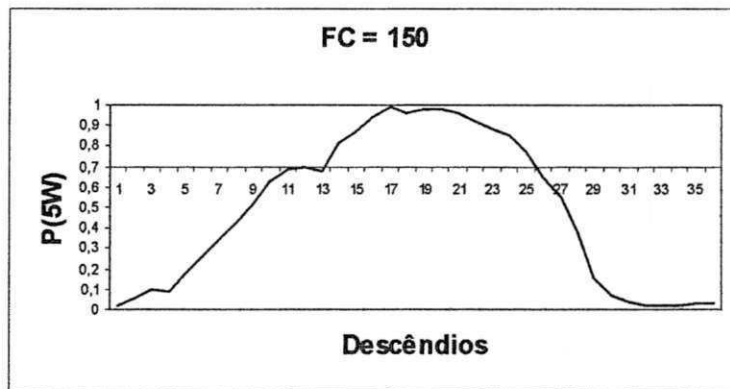
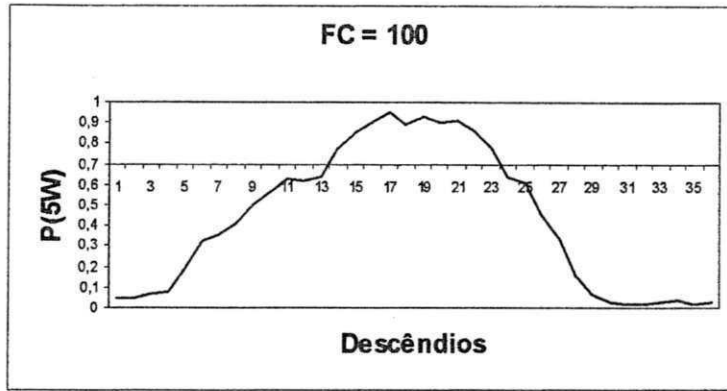




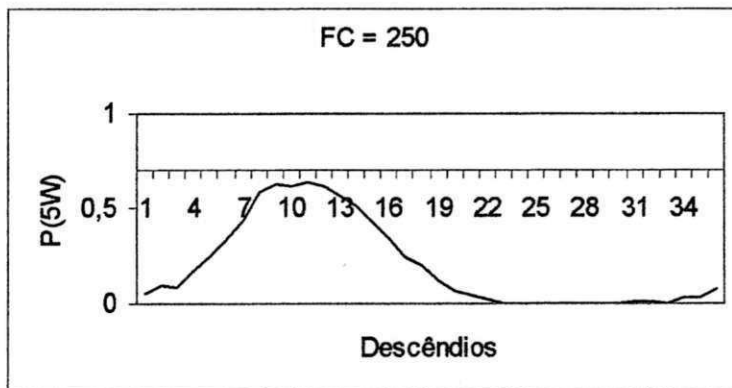
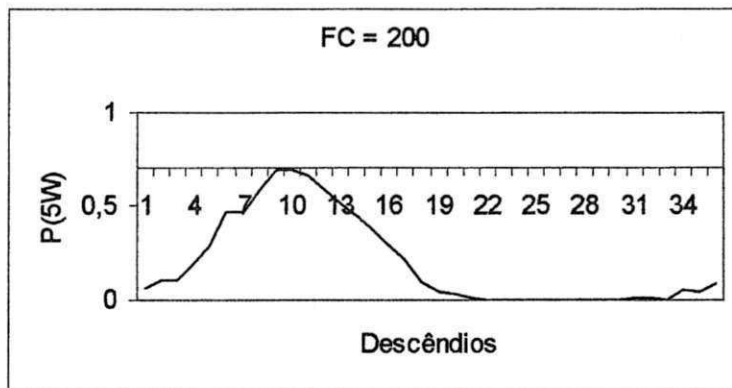
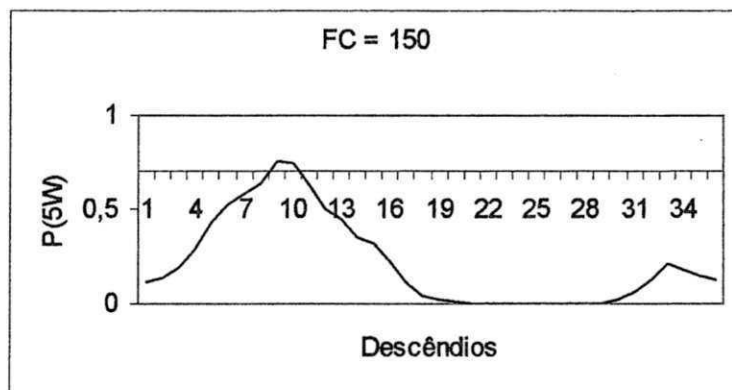
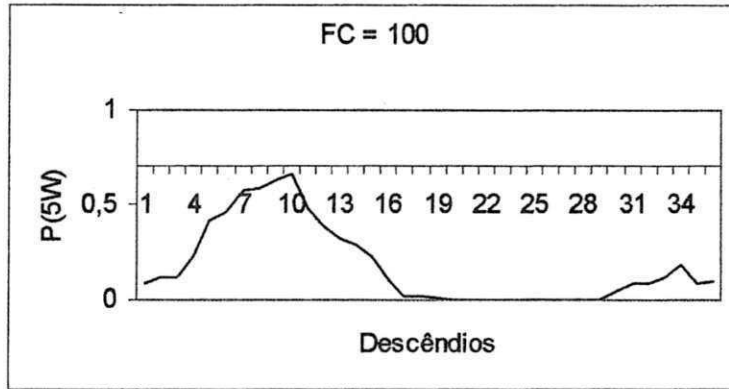
### 3.8 - ALGODÃO DO MANSO



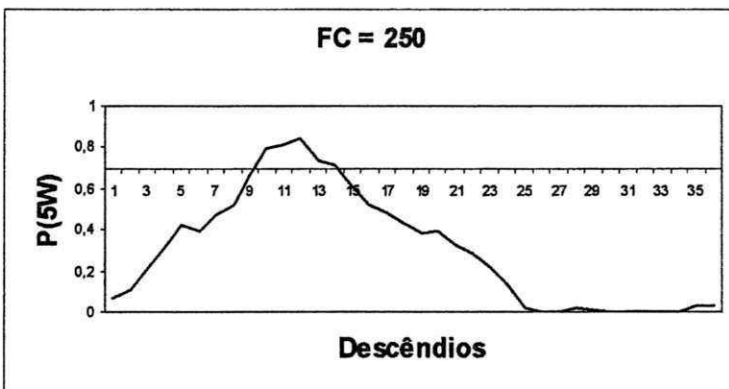
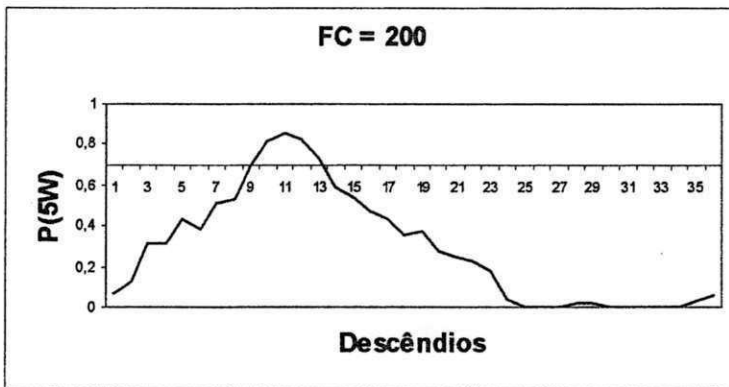
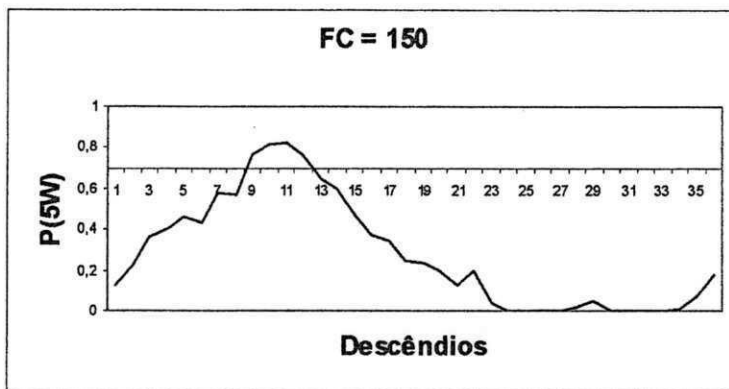
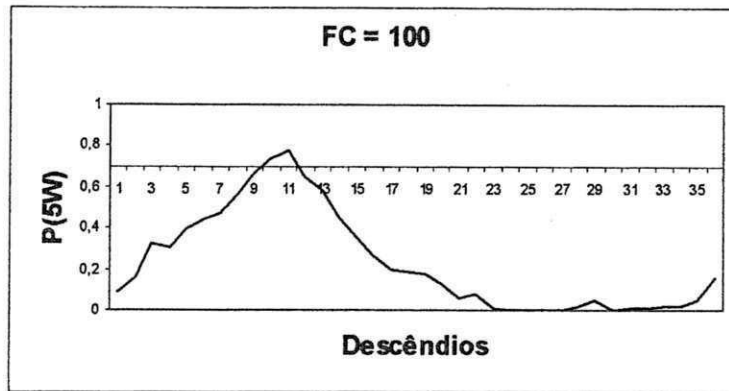
### 3.9 - TIMBAÚBA



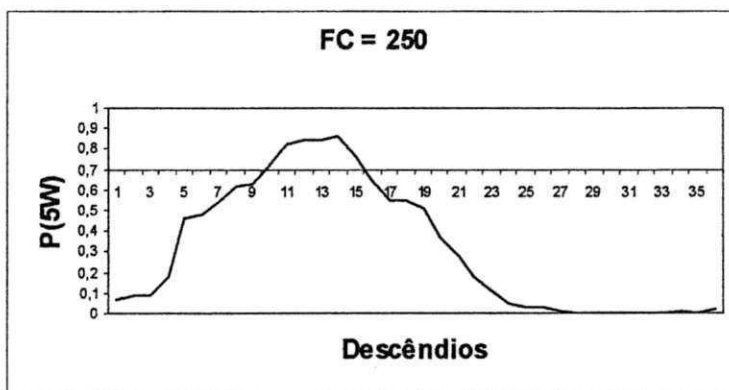
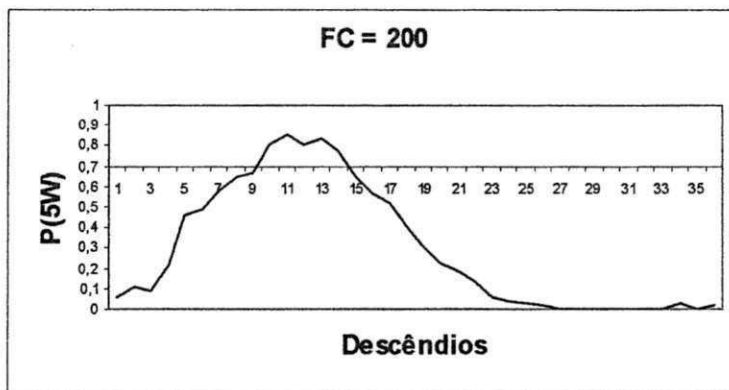
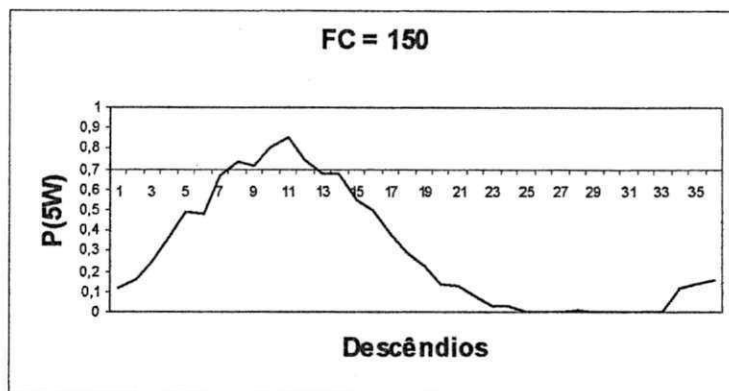
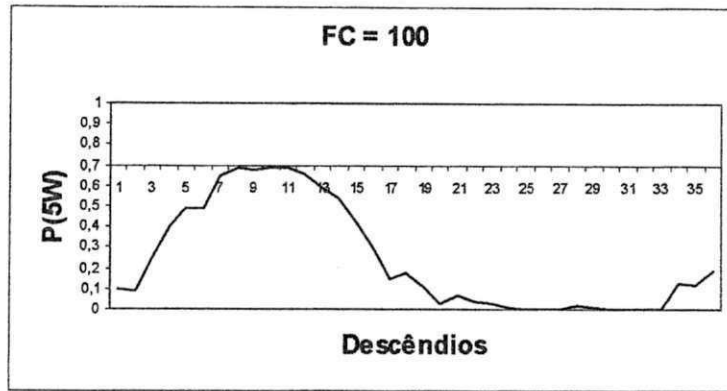
### 3.10 - SALGUEIRO



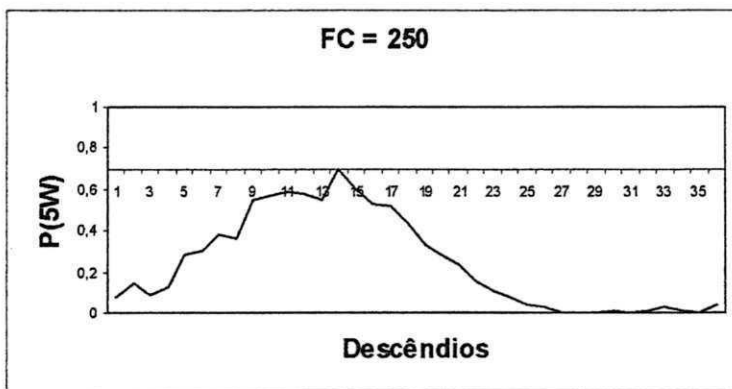
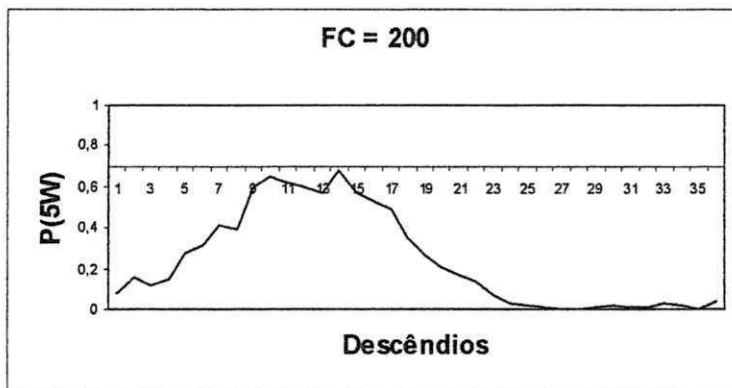
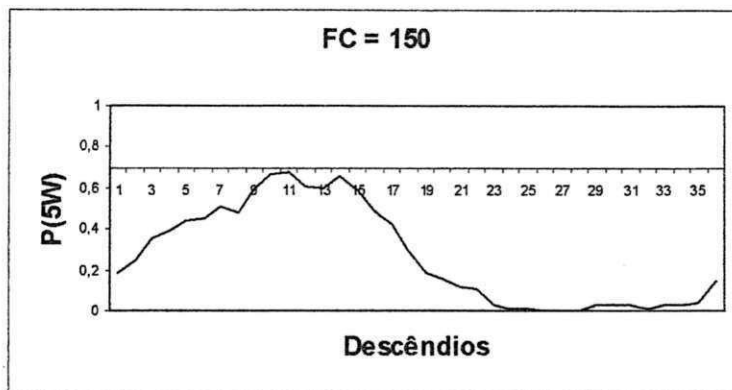
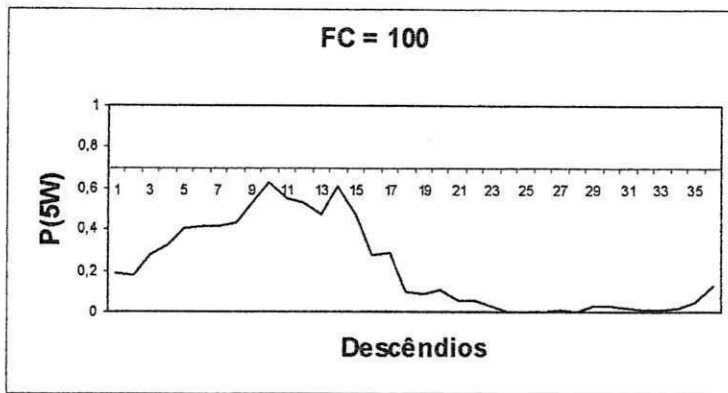
### 3.11 - QUIXABA



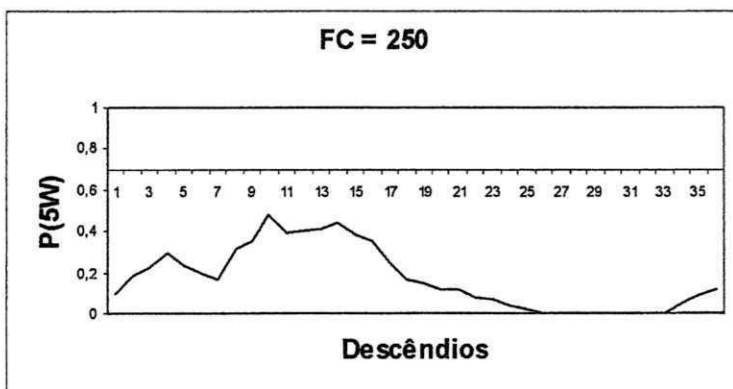
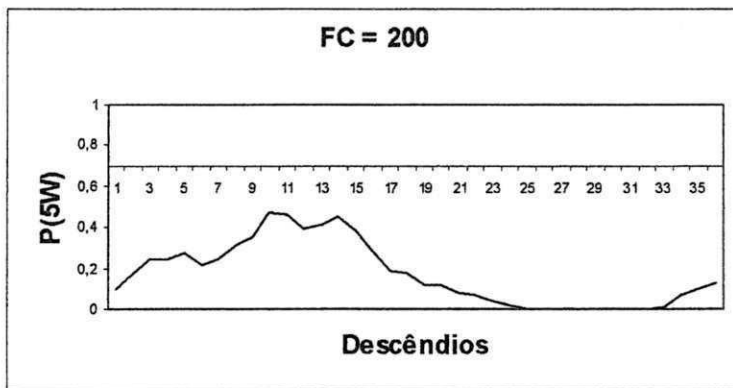
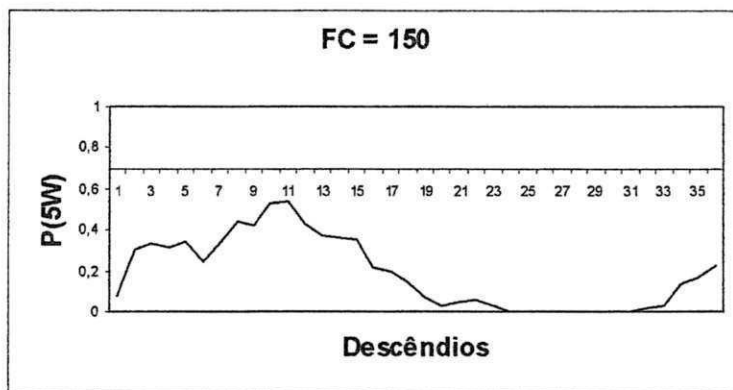
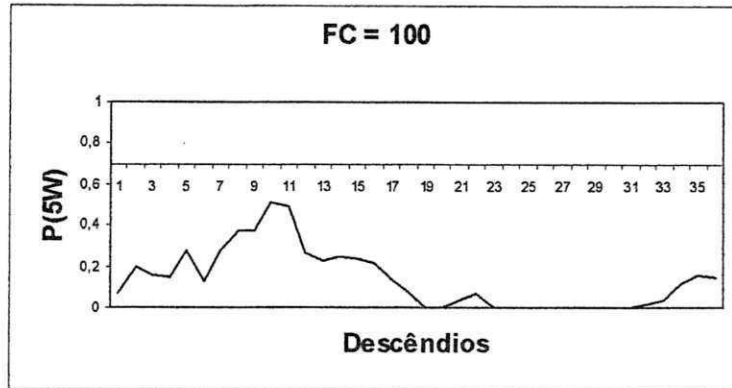
### 3.12 - TAUAPIRANGA



3.13 - CAIÇARA FAZ.

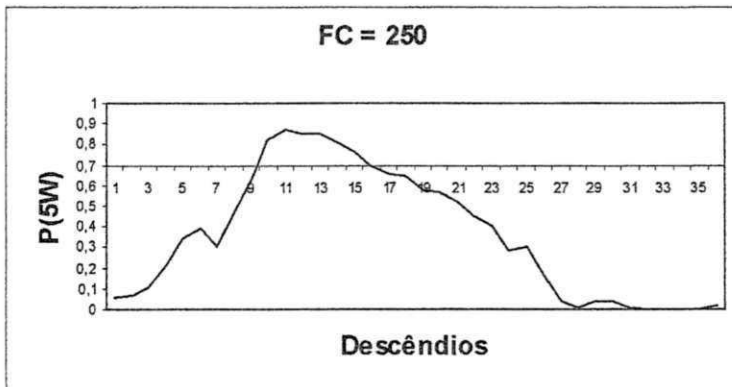
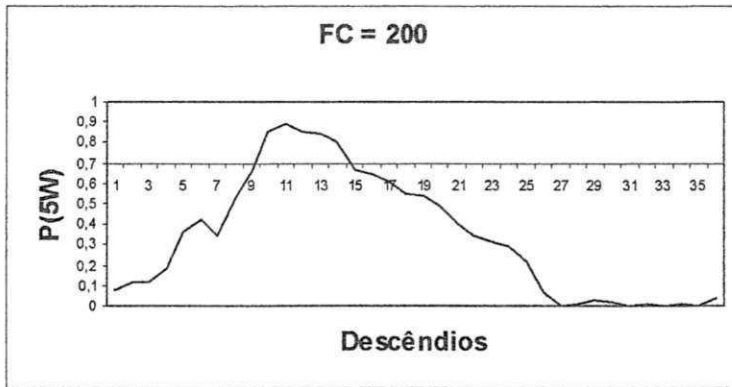
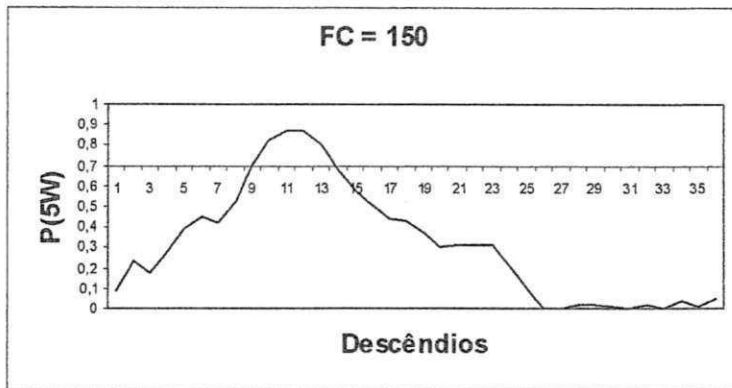
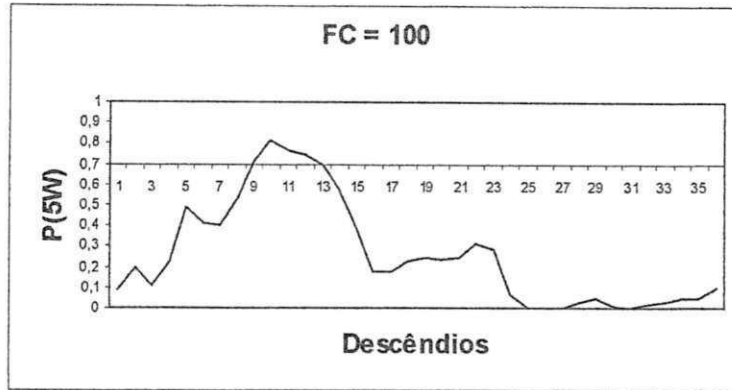


### 3.14 - ALGODÕES

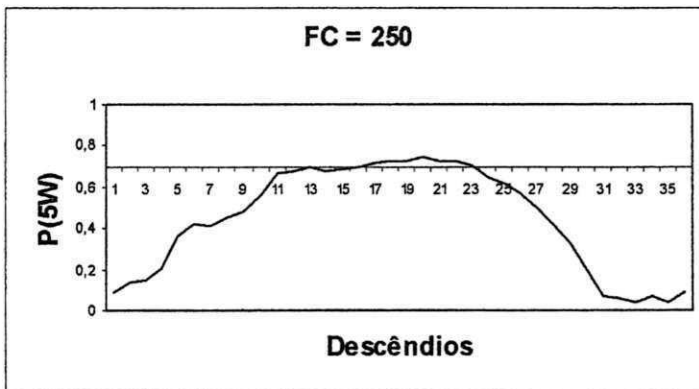
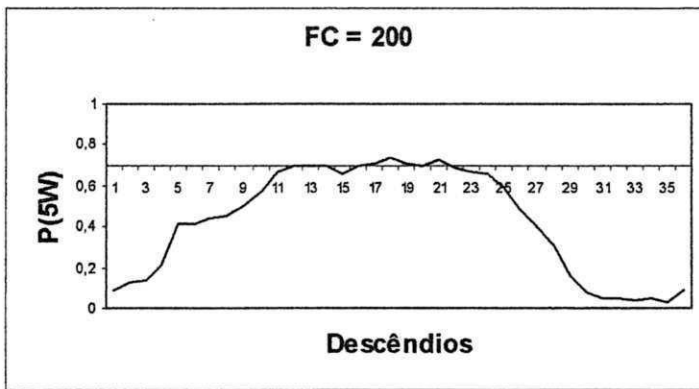
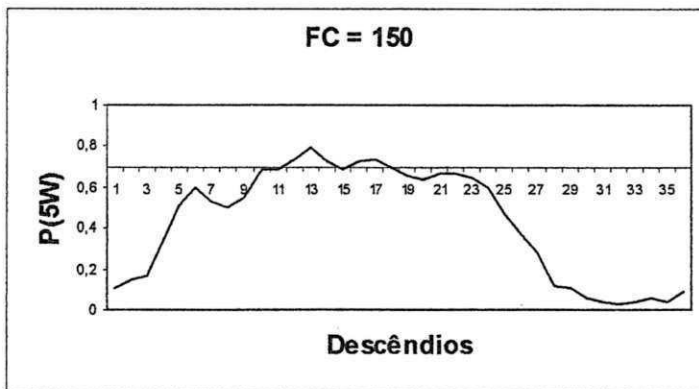
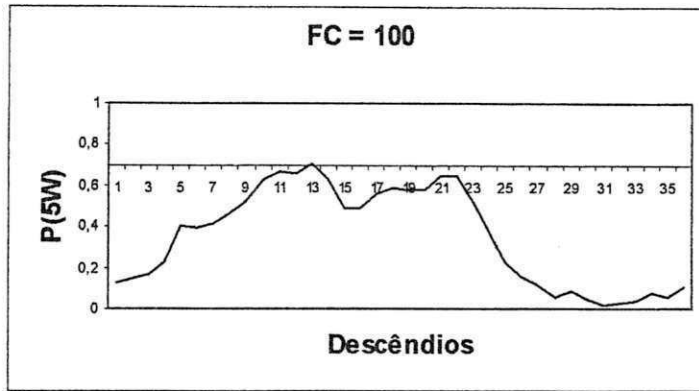




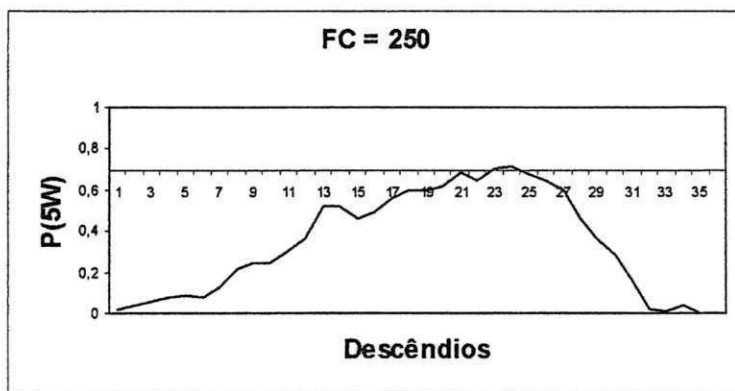
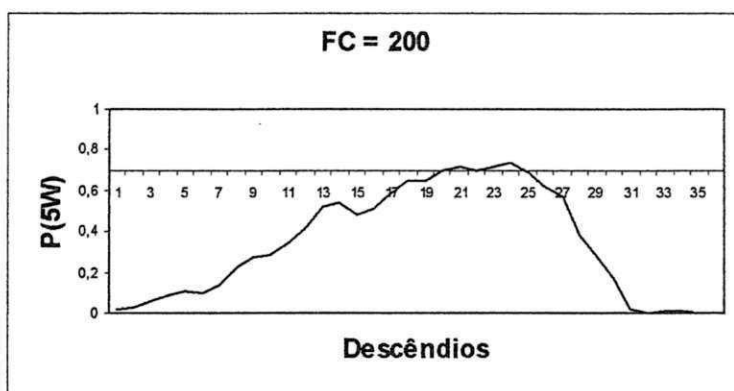
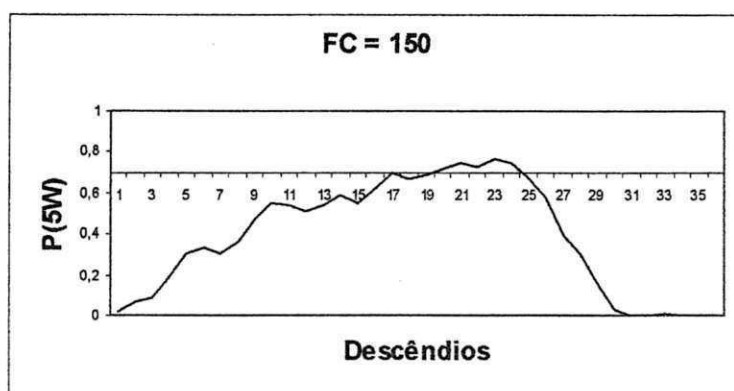
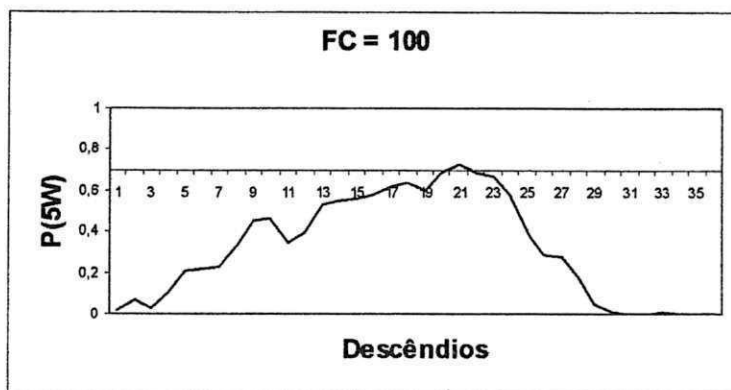
3.15 - XILILI



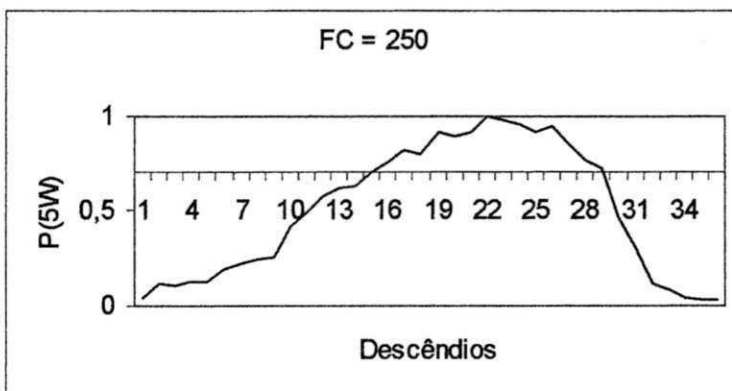
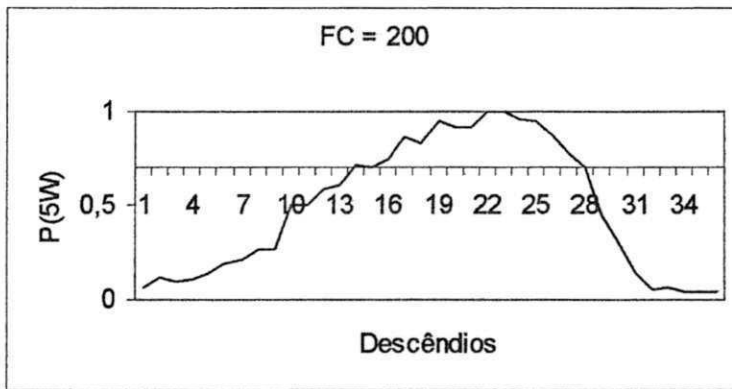
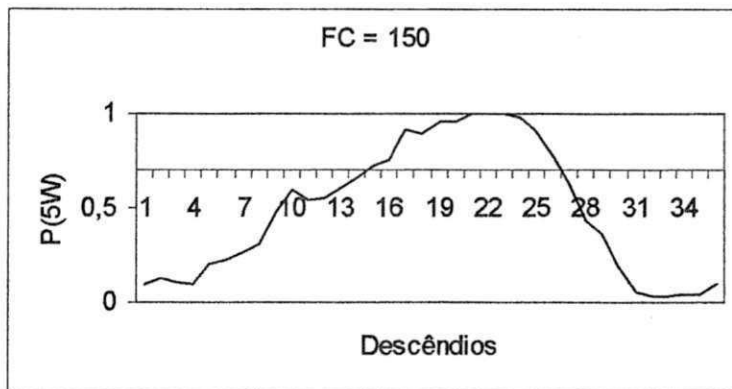
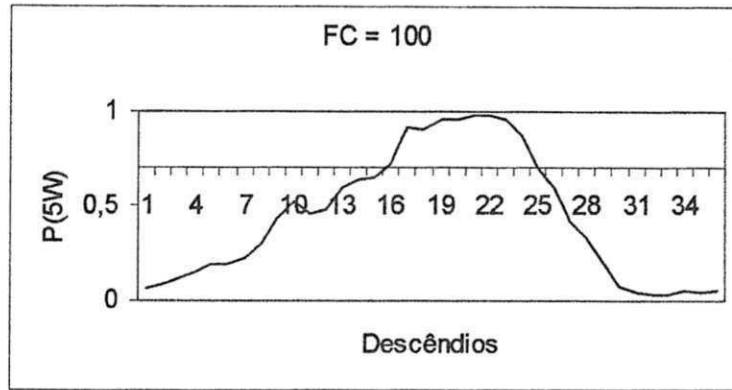
3.16 - ALAGOINHA



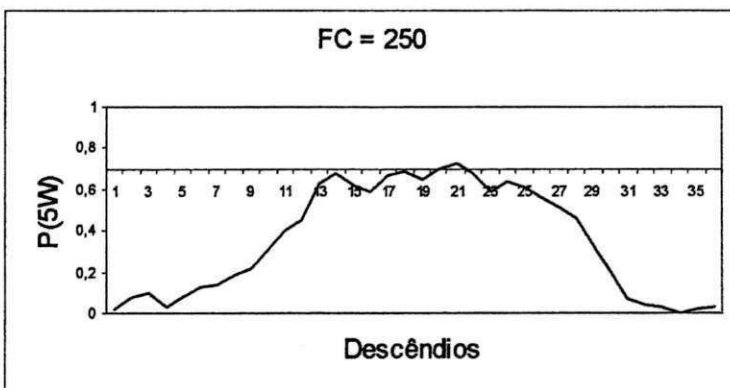
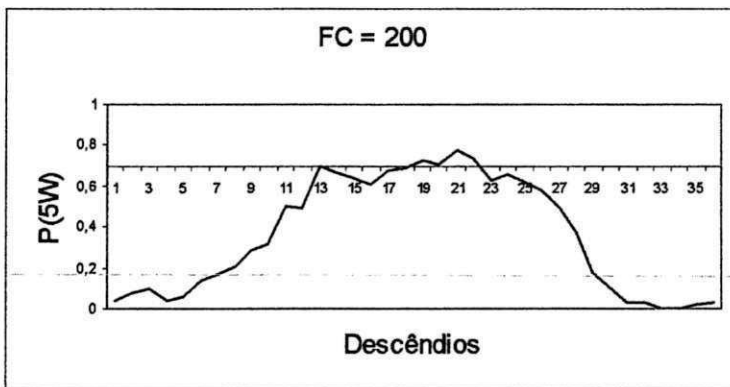
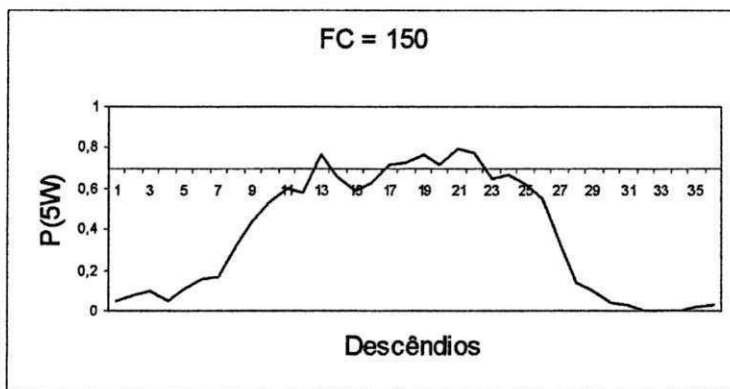
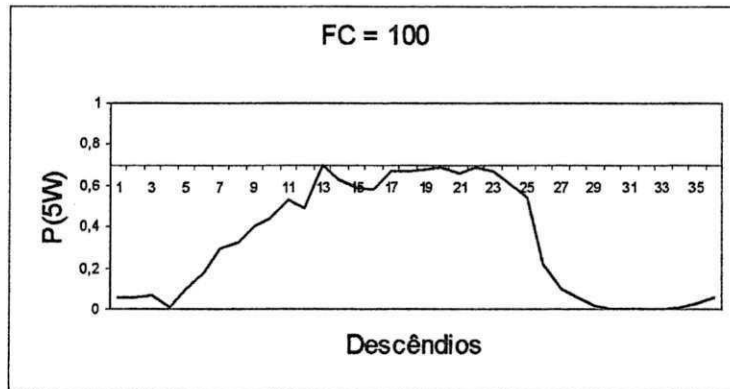
### 3.17 - CACHOEIRINHA



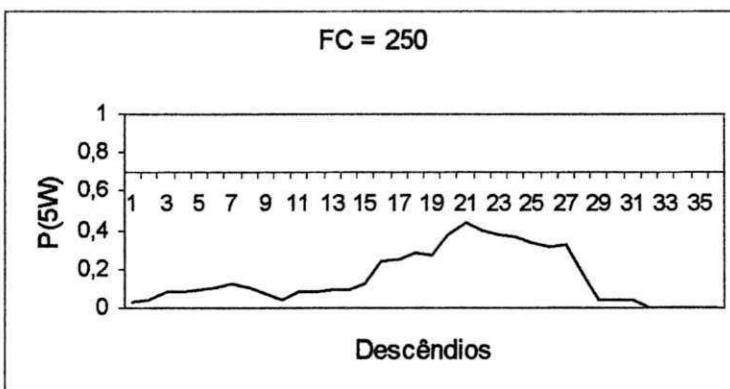
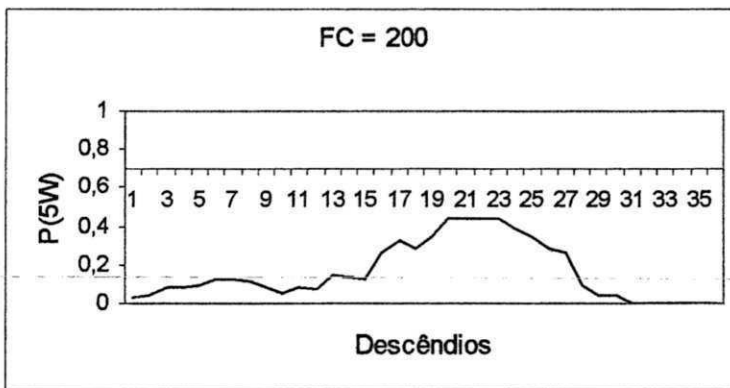
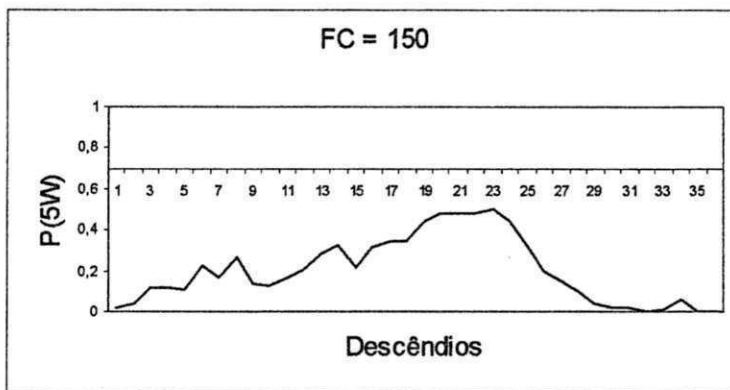
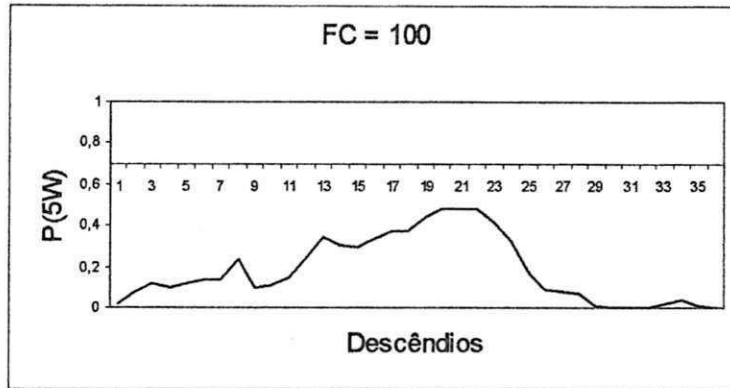
### 3.18 - CUMARU



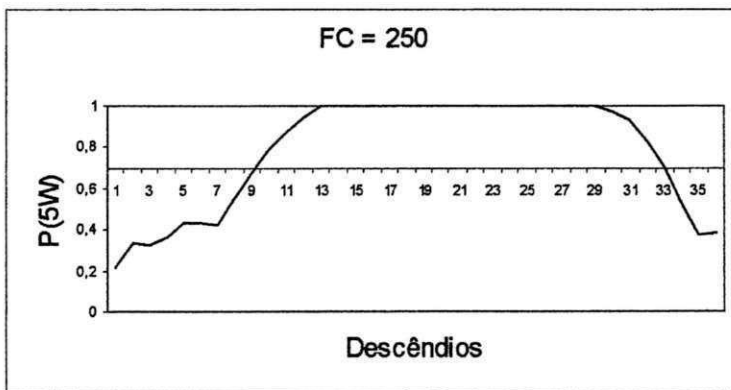
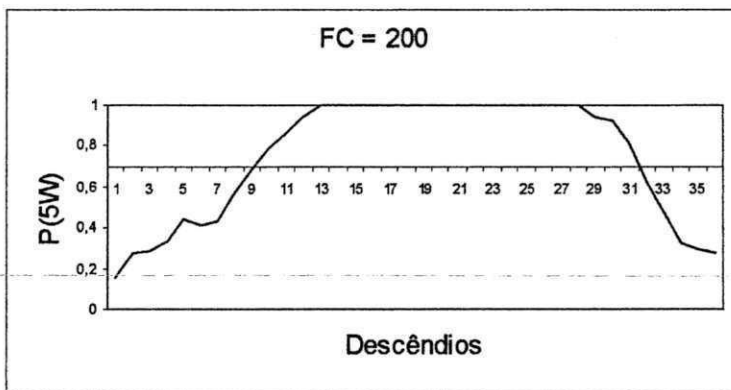
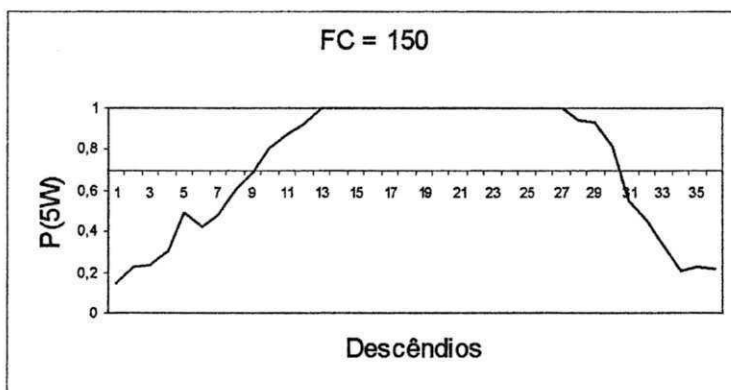
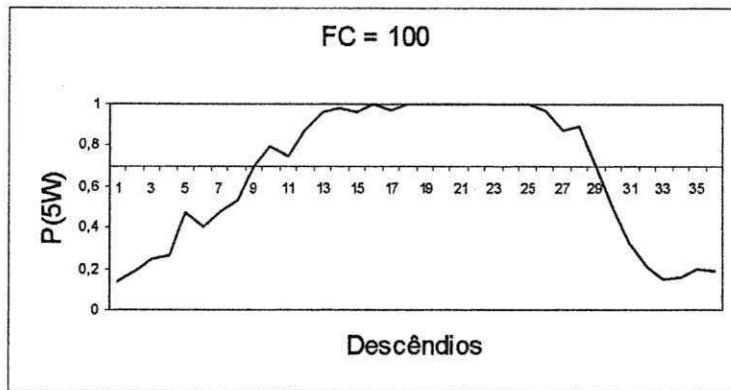
### 3.19 - BEZERROS



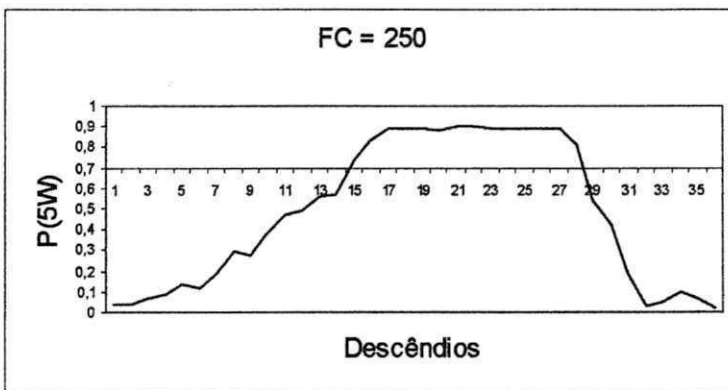
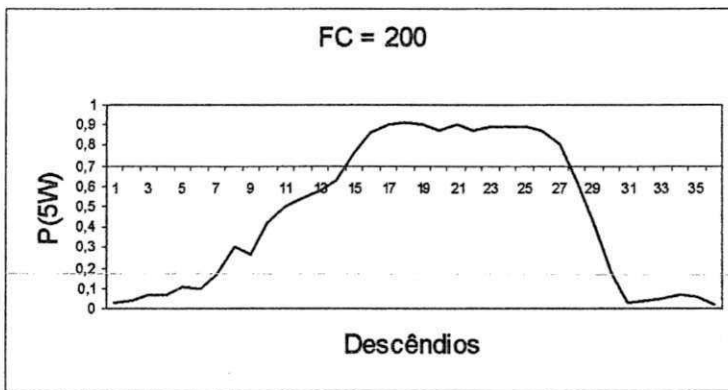
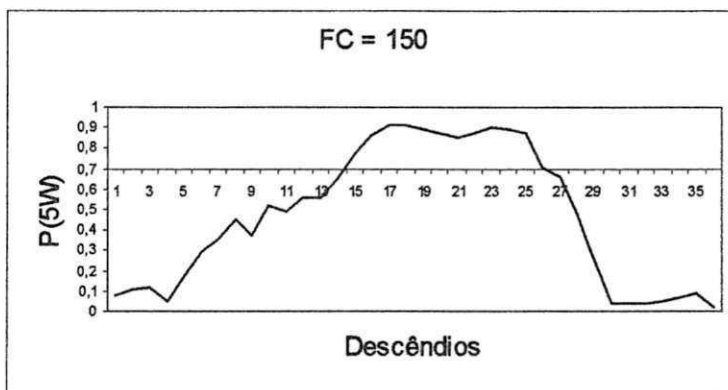
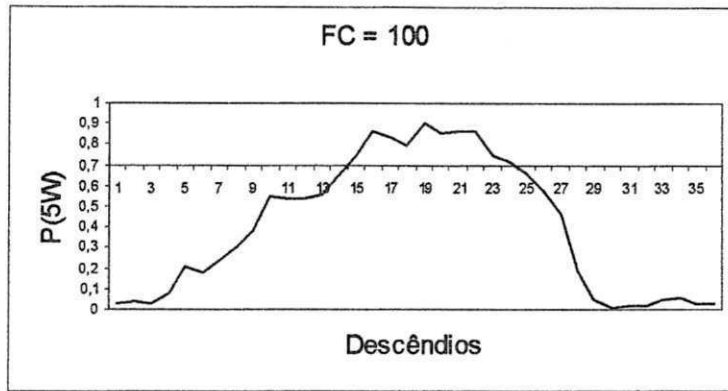
### 3.20 - CARUARU



### 3.21 - CORTÉS

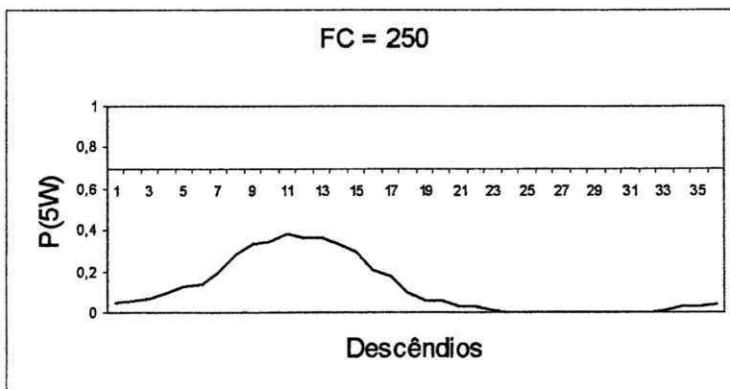
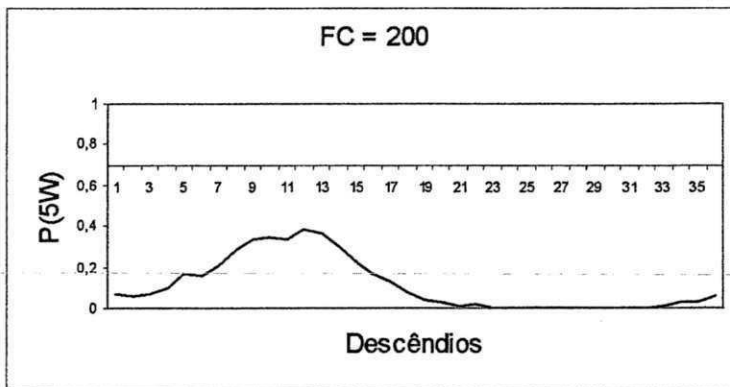
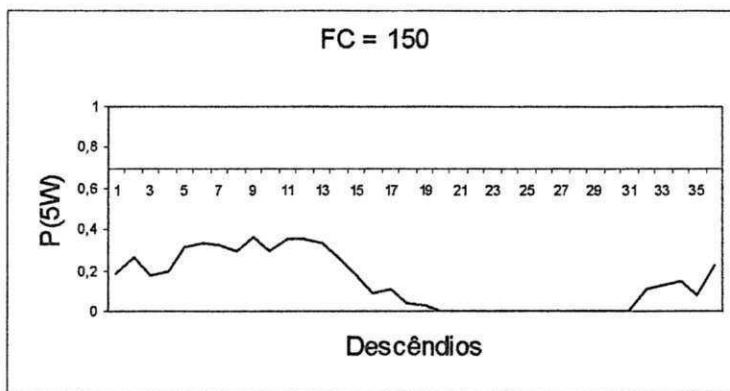
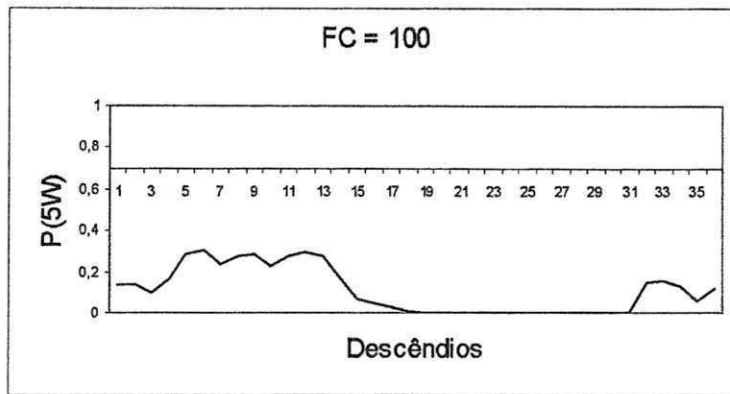


### 3.22 - VITÓRIA DE SANTO ANTÃO

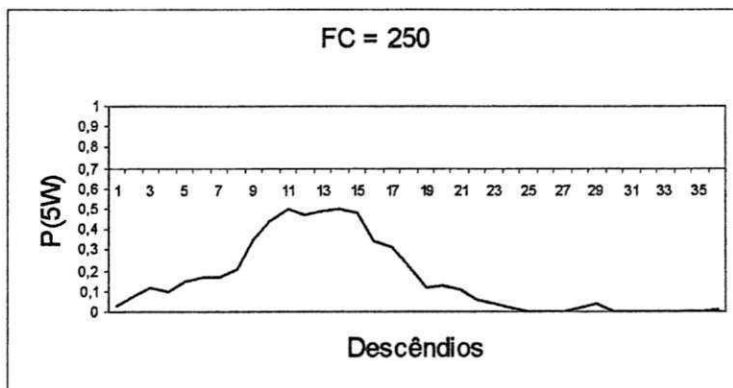
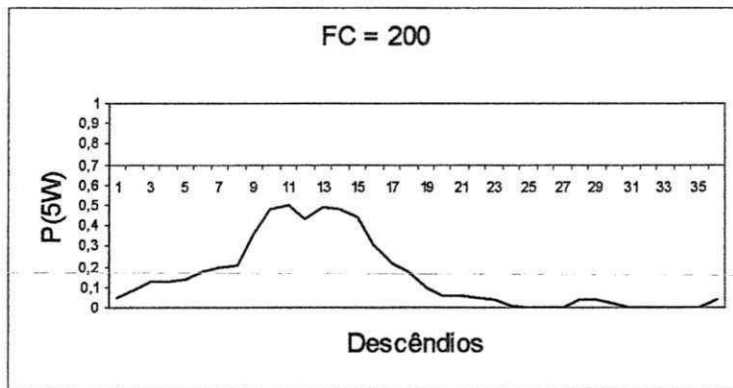
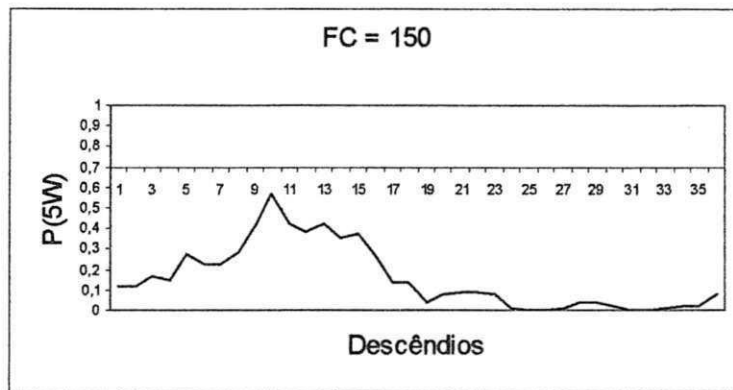
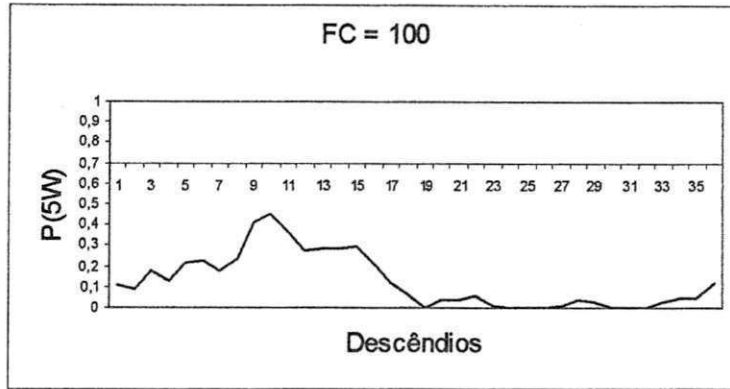




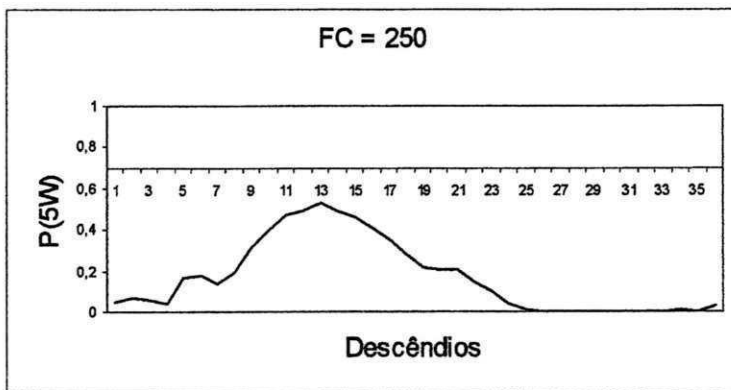
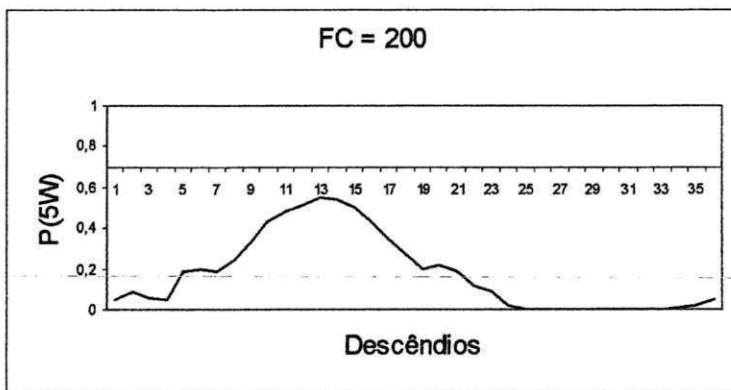
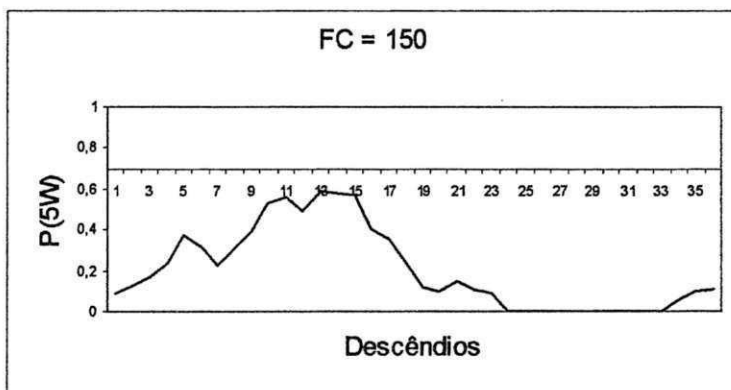
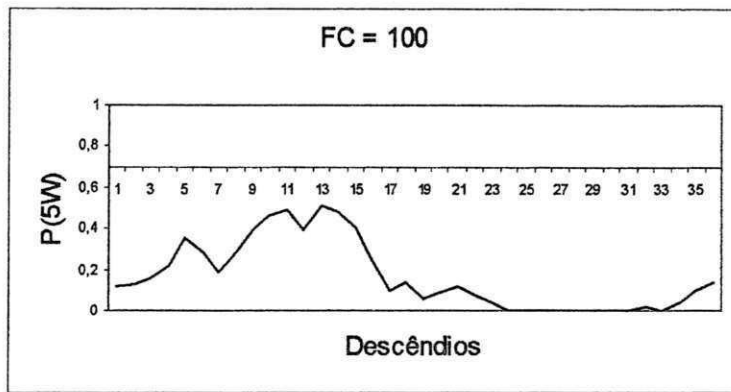
### 3.23 - CABROBÓ



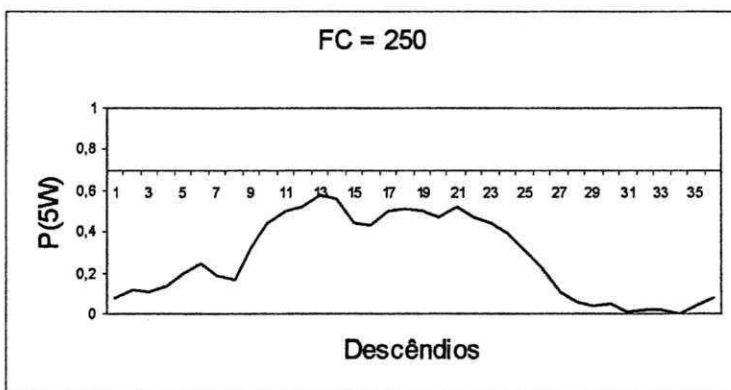
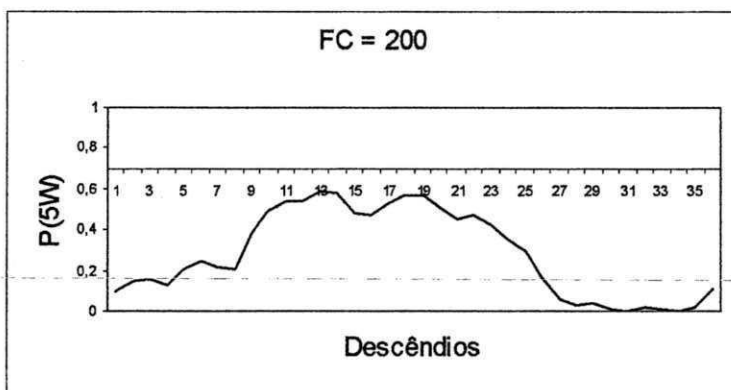
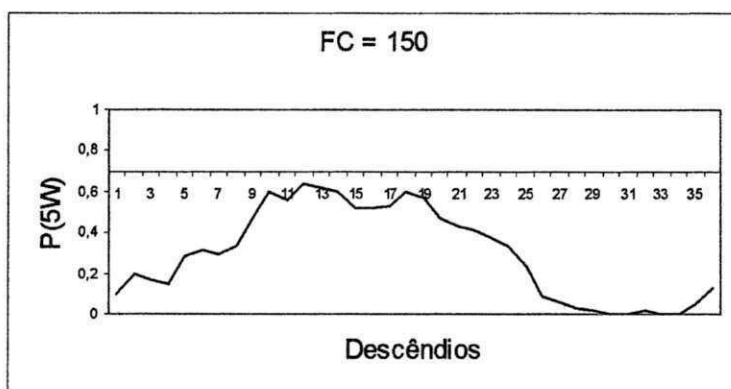
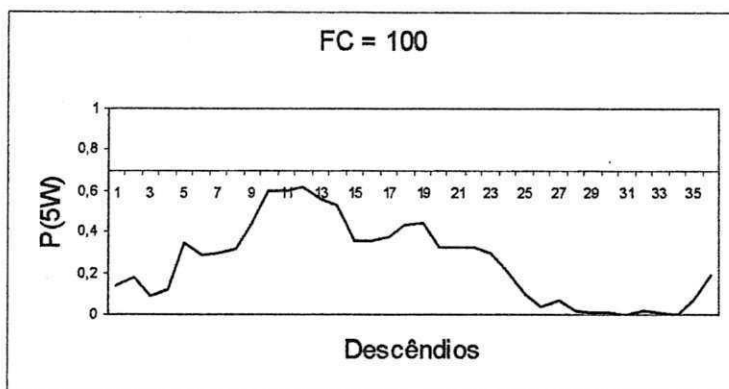
3.24 - SOARES FZ.



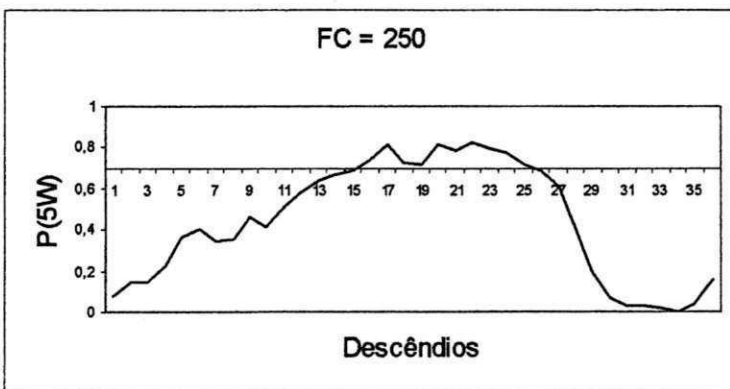
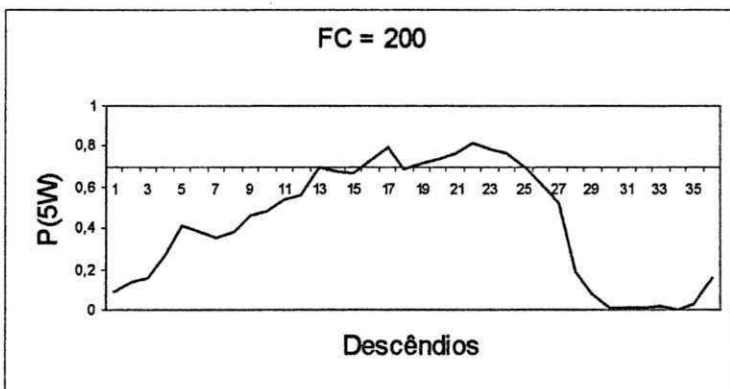
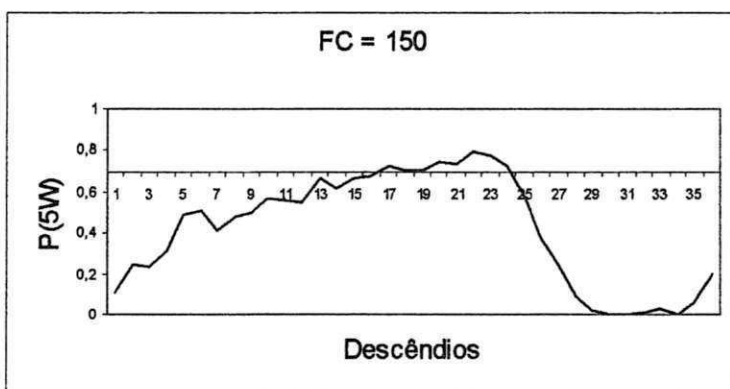
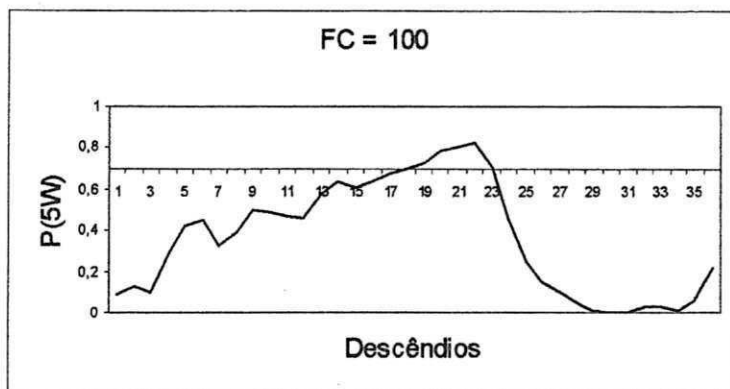
### 3.25 - JUAZEIRO DOS CÂNDIDOS



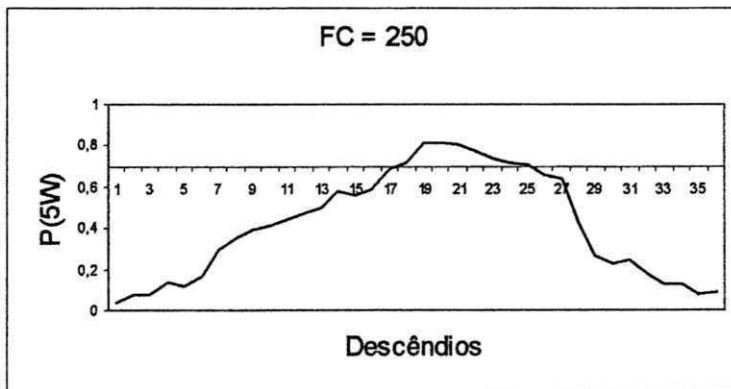
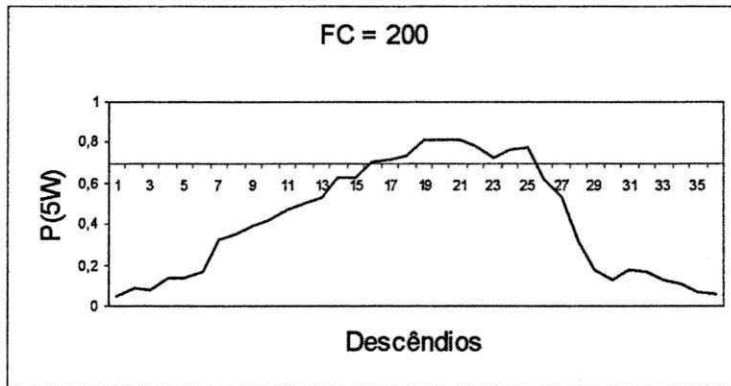
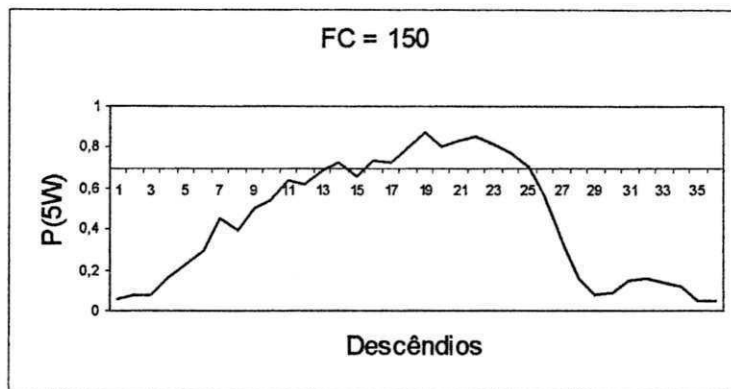
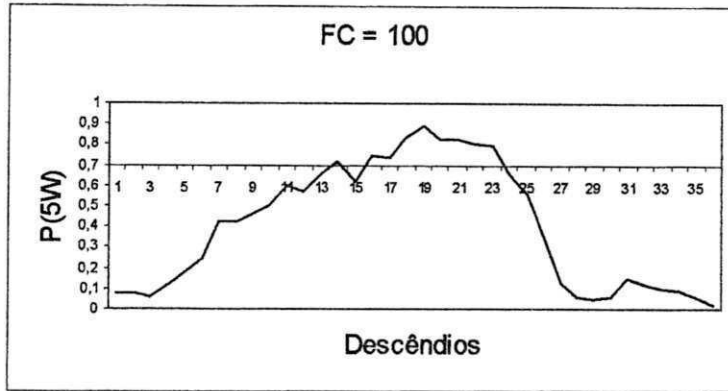
### 3.26 - PONTA DE VARGEM



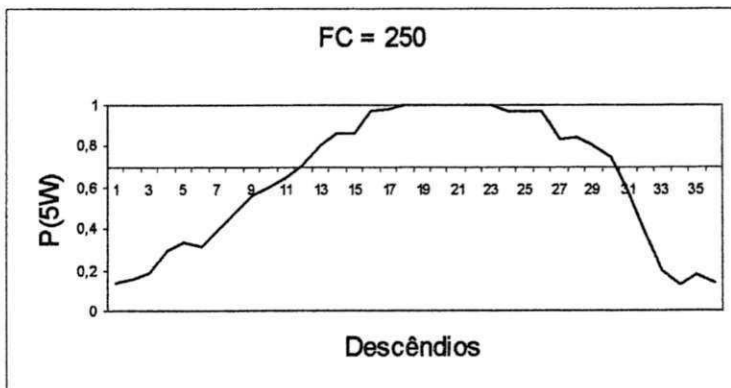
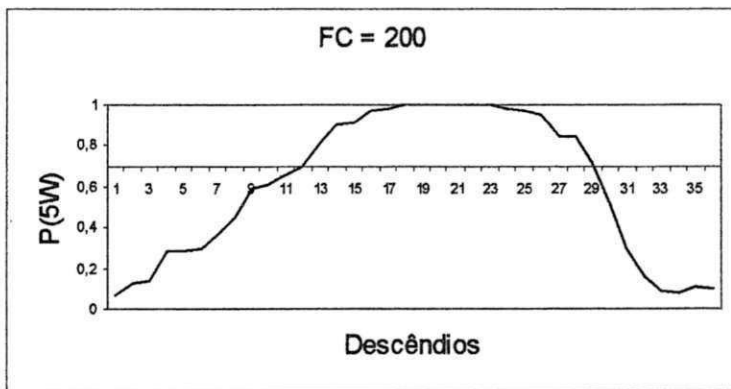
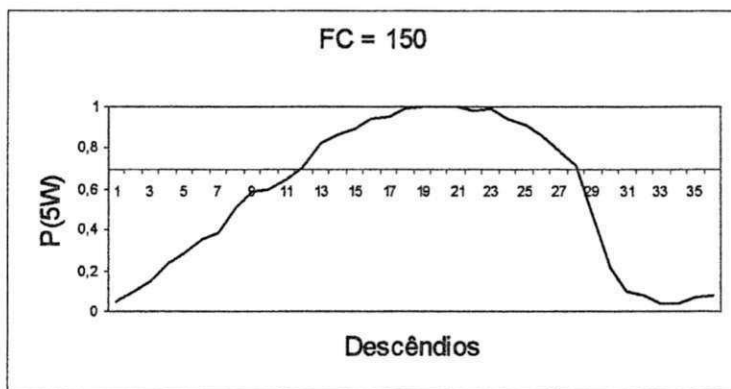
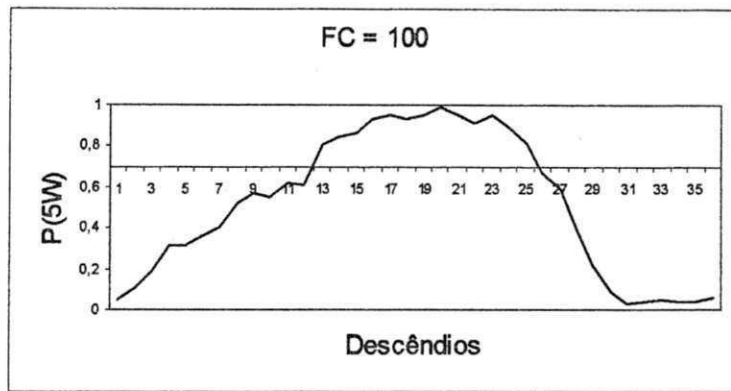
### 3.27 - ITAIBA



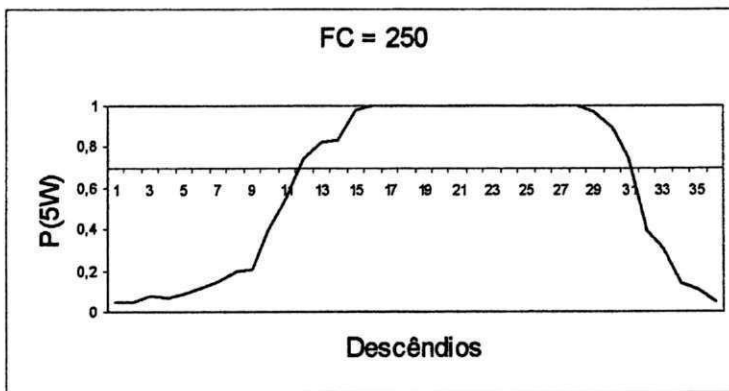
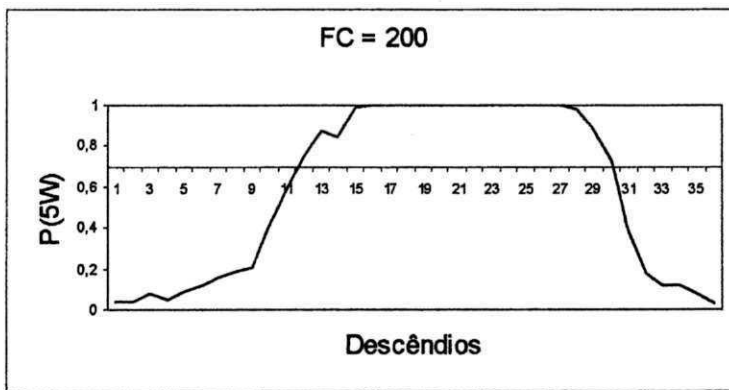
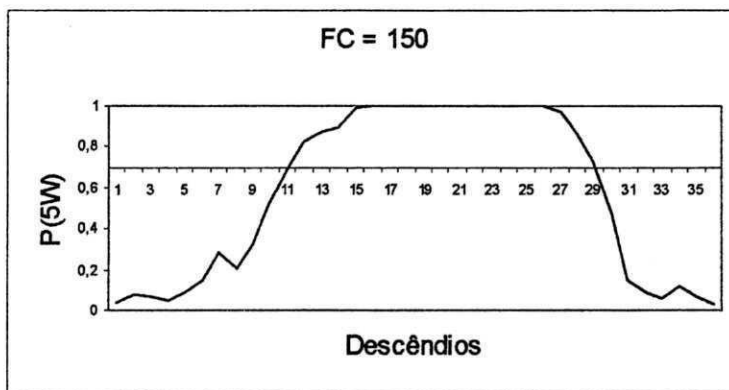
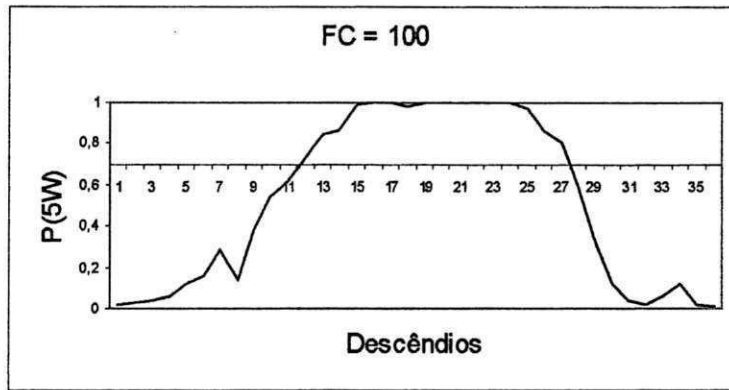
### 3.28 - SÃO BENTO DO UMA



### 3.29 - JUCATI

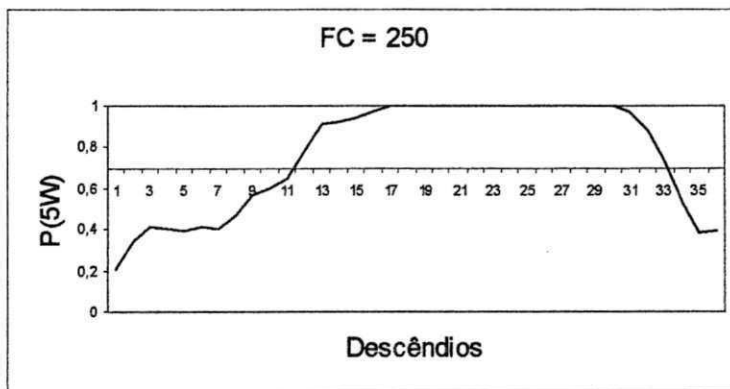
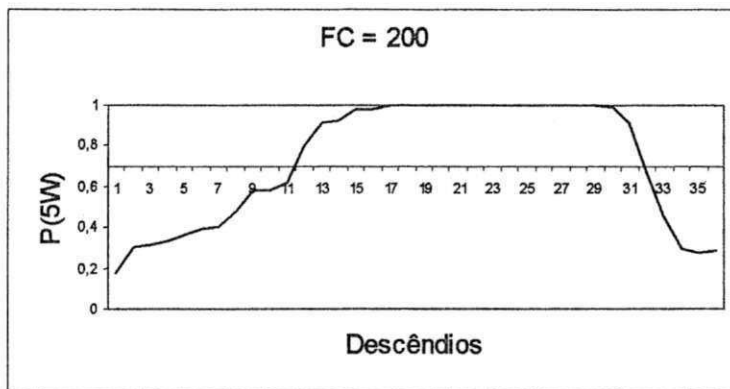
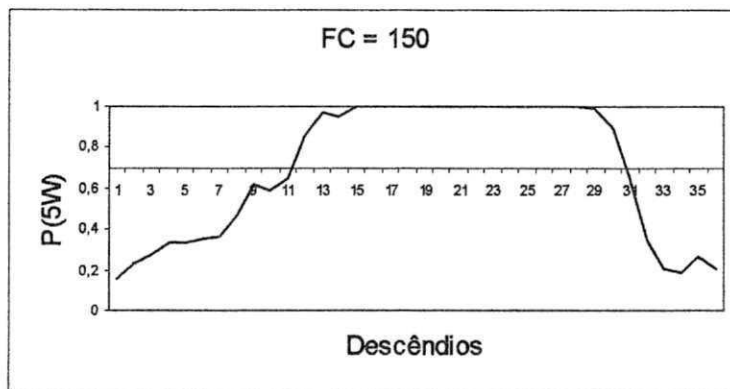
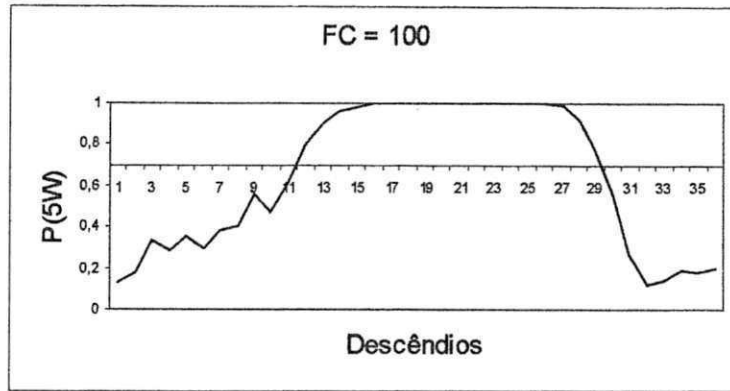


### 3.30 - PALMARES

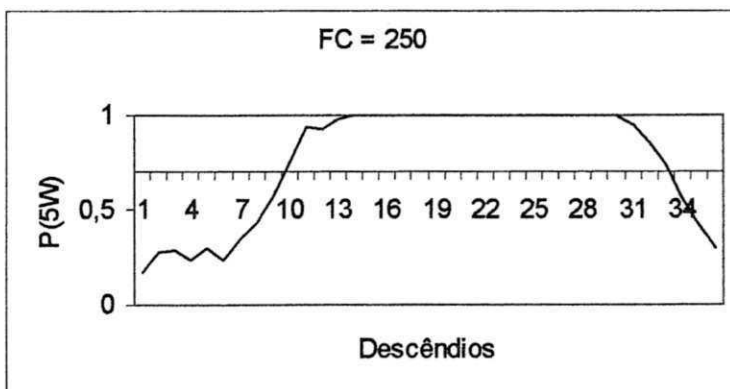
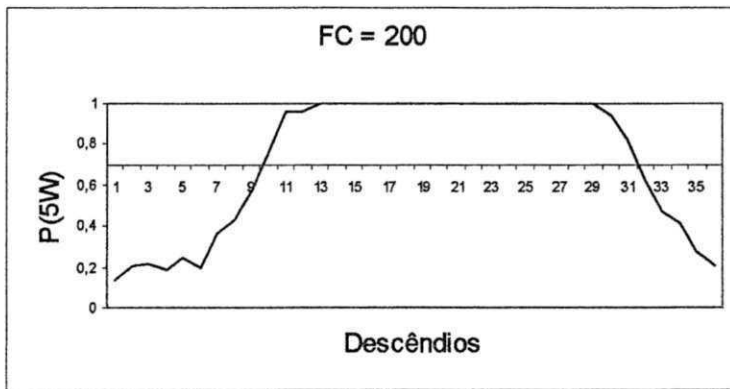
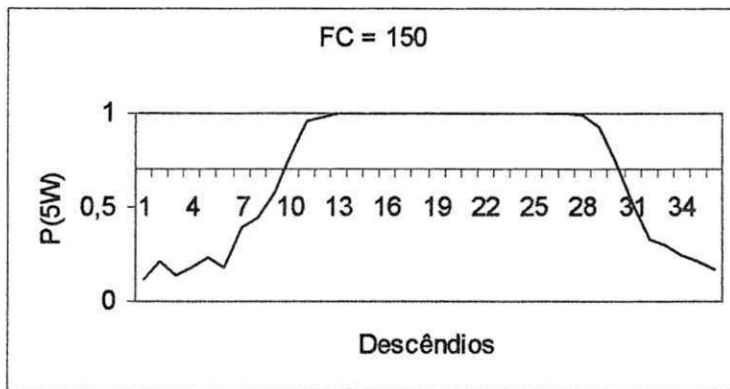
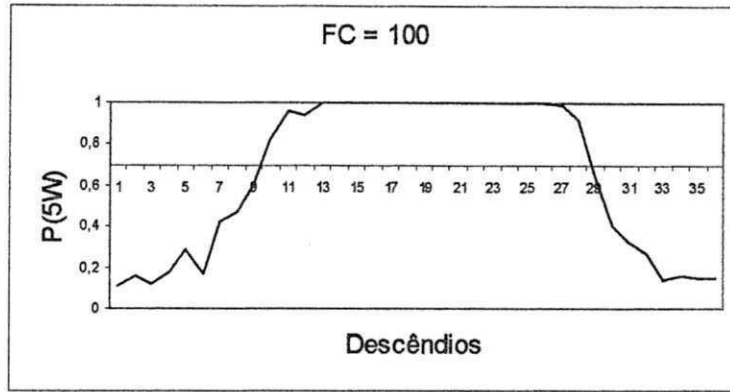




### 3.31 - MARAIAL



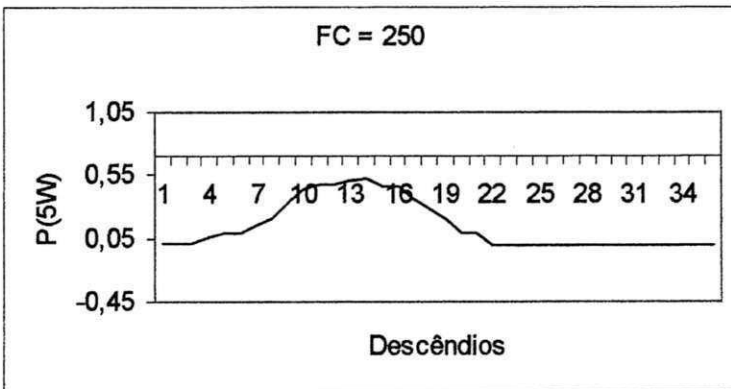
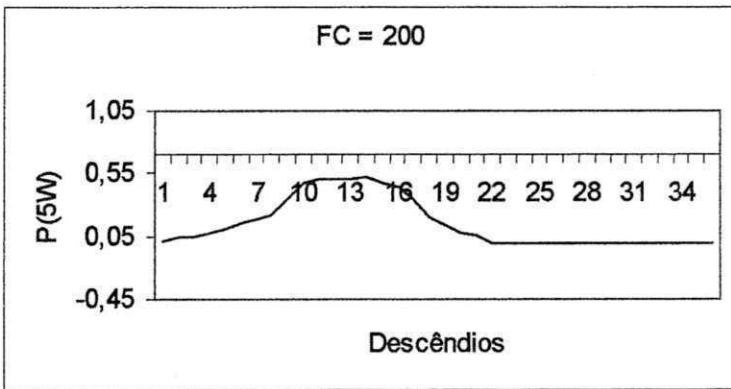
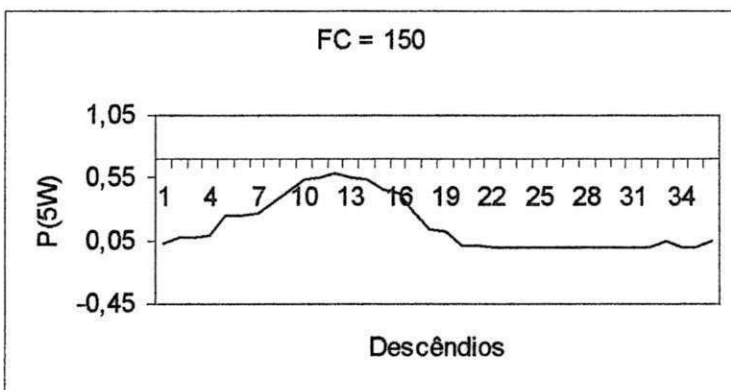
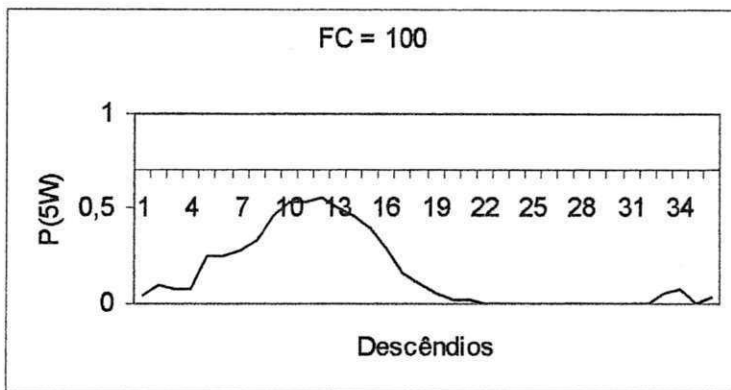
### 3.32 - RIO FORMOSO



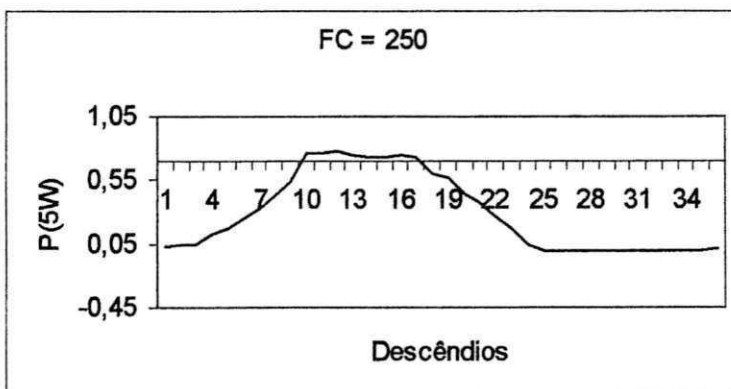
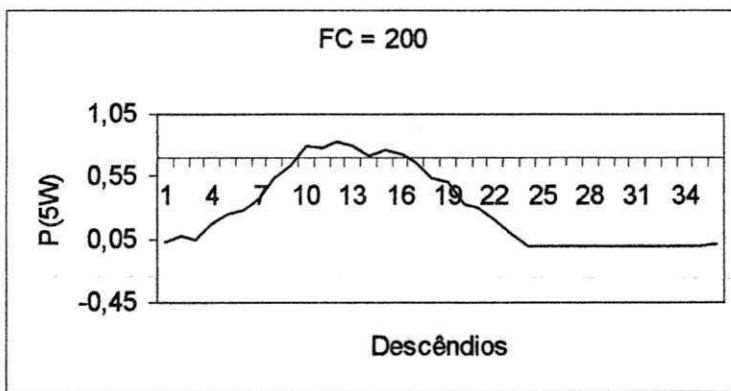
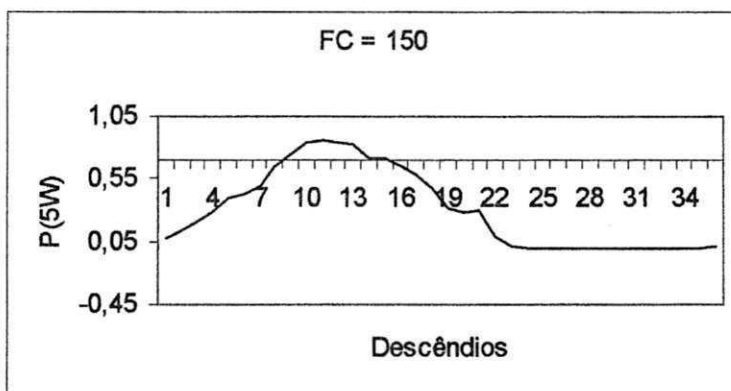
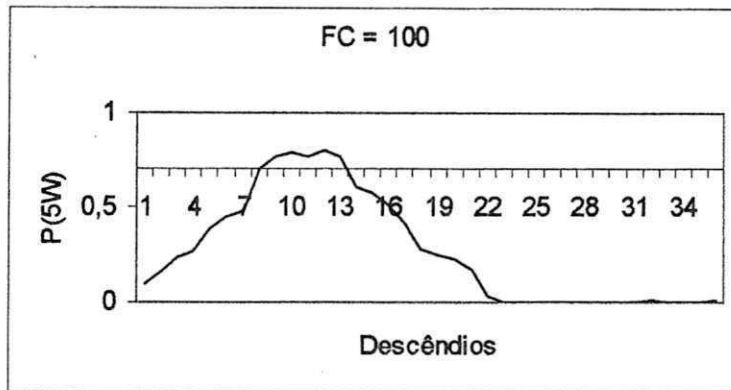
## **ANEXO 4**

### **Variação decencial de $ad$ e $p(5w)$ para Rio Grande do Norte**

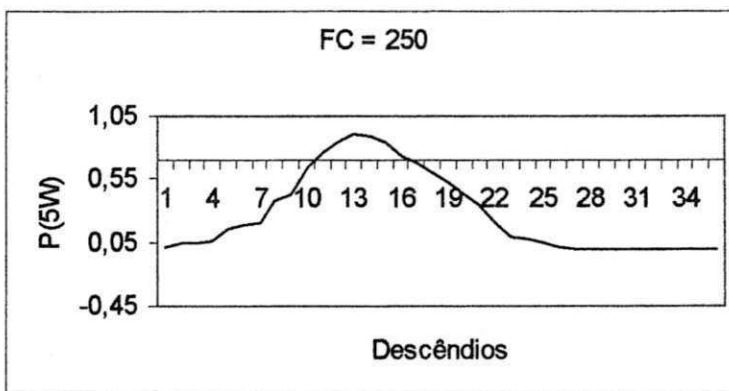
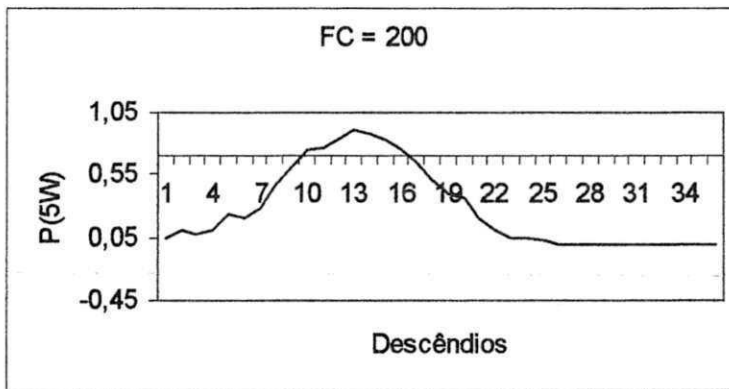
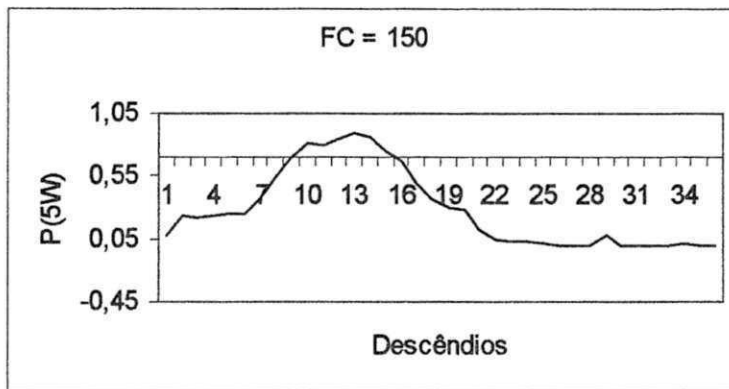
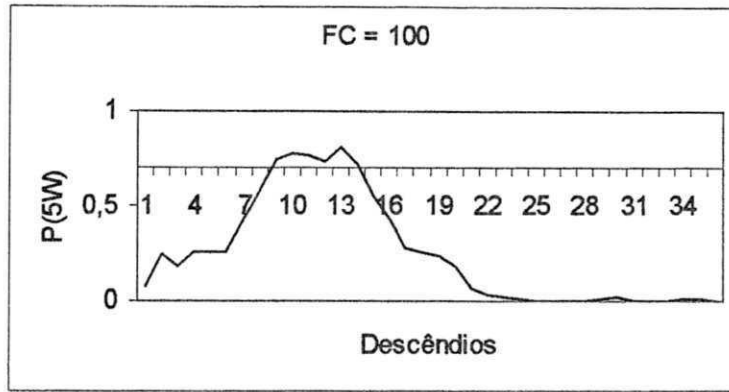
#### 4.1 - MOSSORÓ



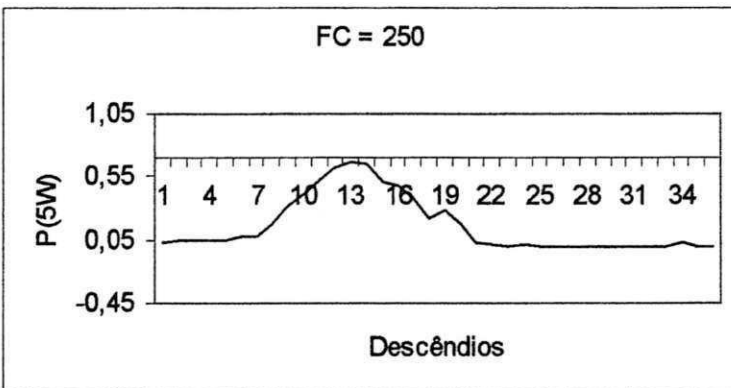
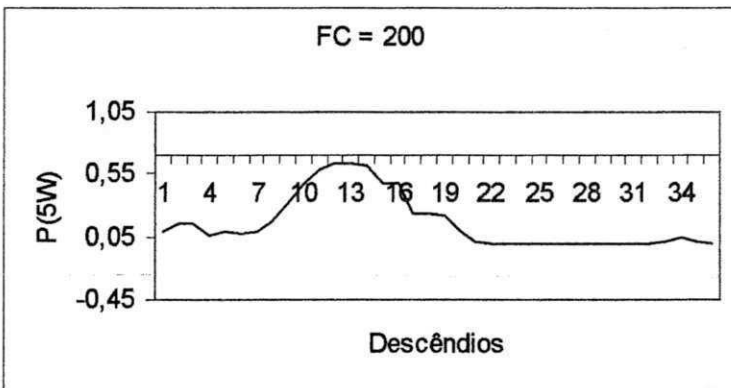
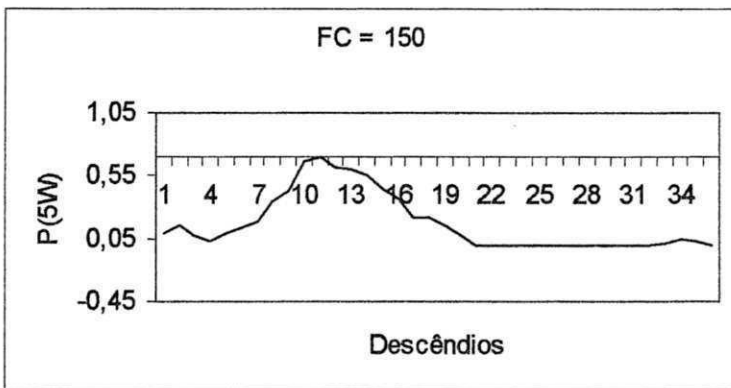
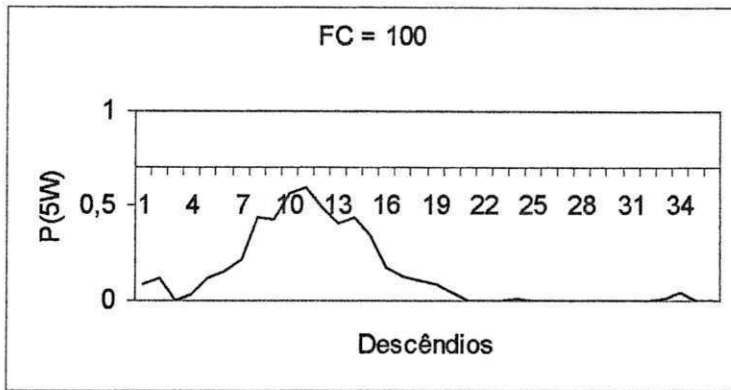
## 4.2 - SANTANA



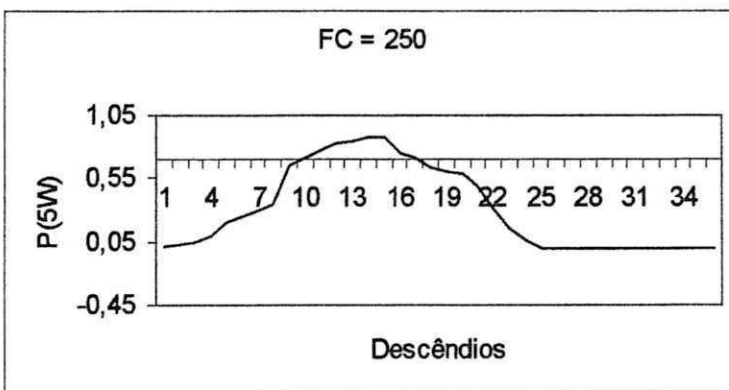
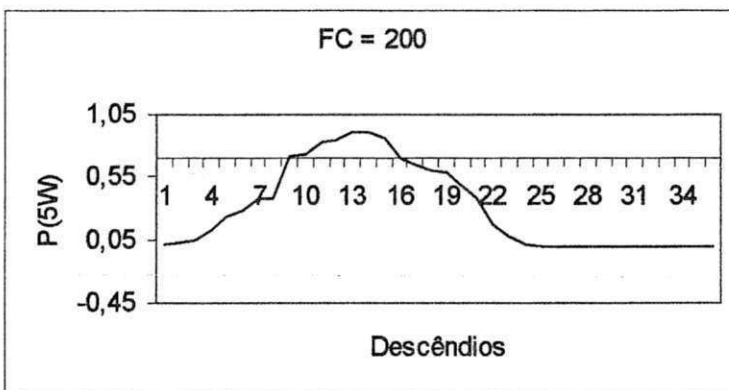
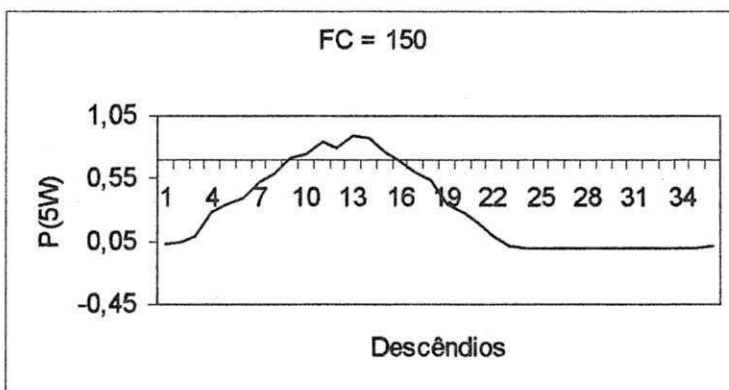
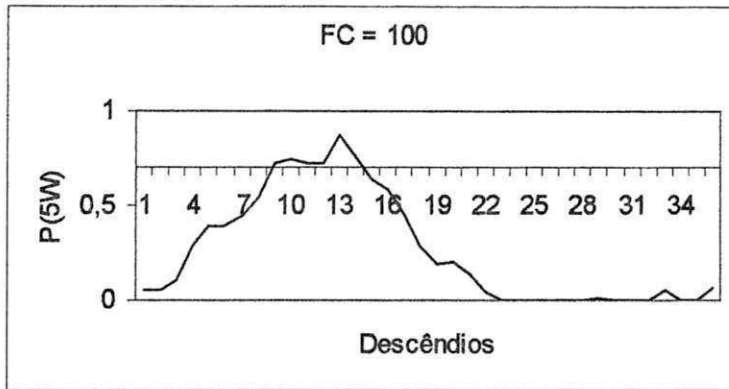
### 4.3 - OLHO D'ÁGUA DOS BORGES



#### 4.4 - UPANEMA

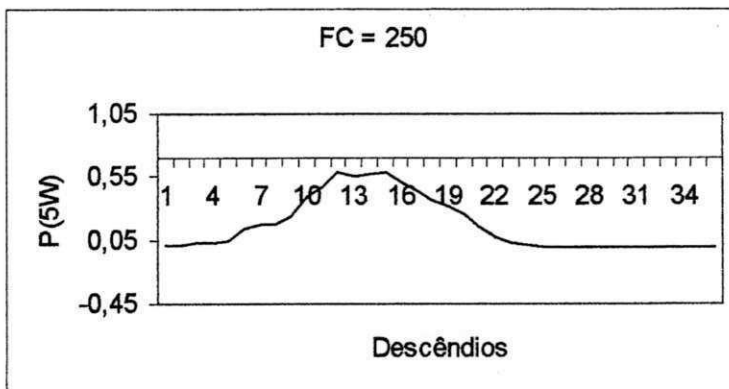
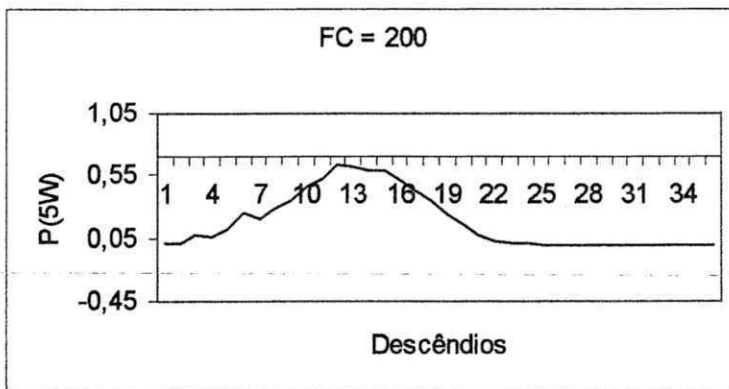
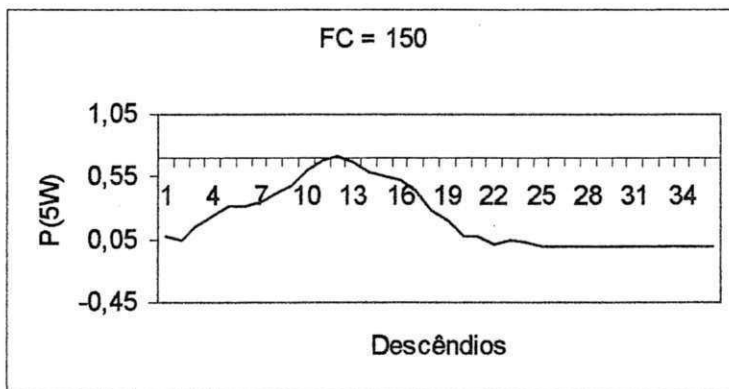
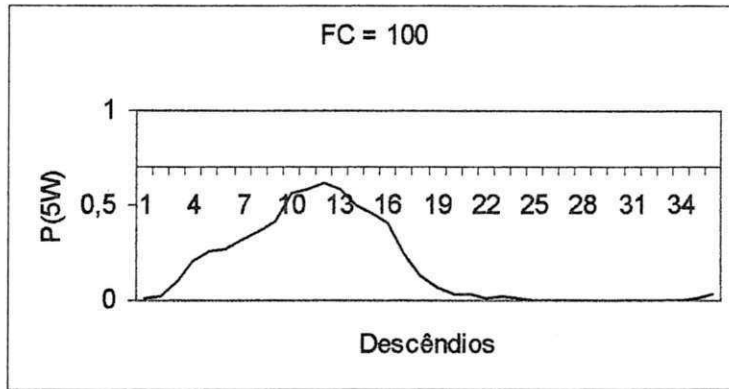


#### 4.5 - AUGUSTO SEVERO

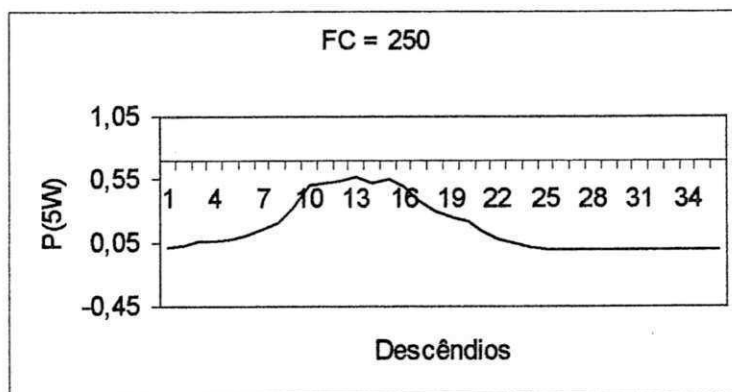
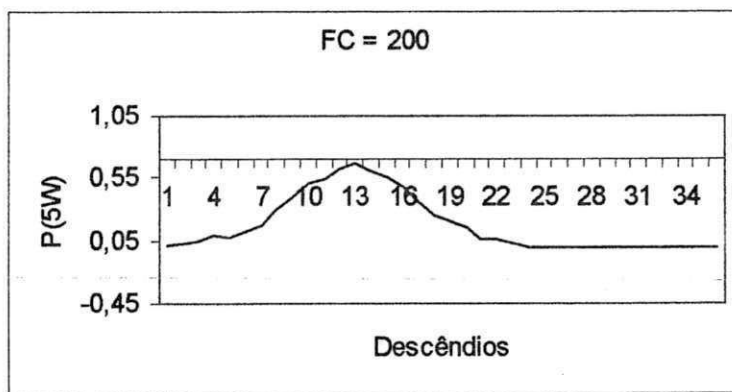
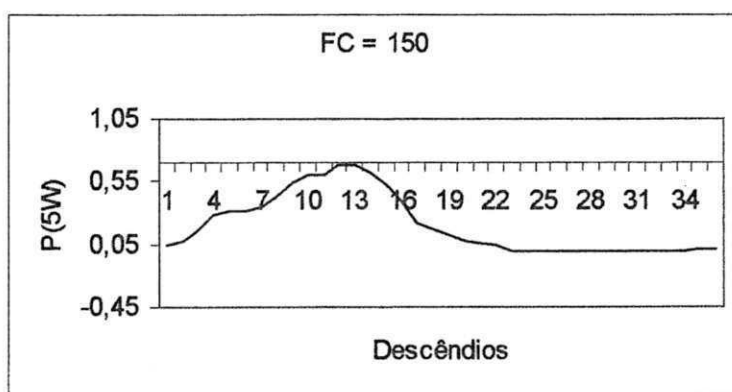
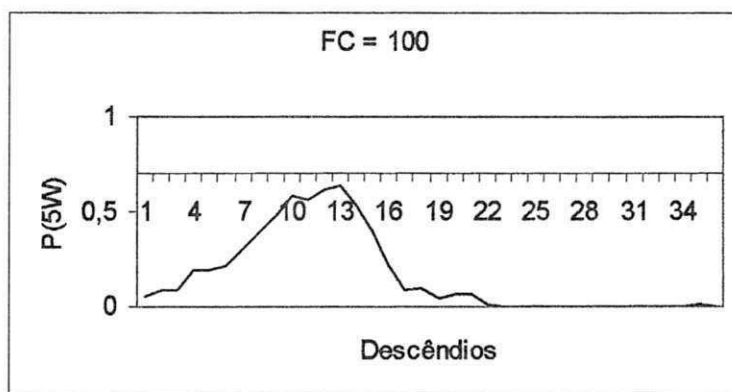




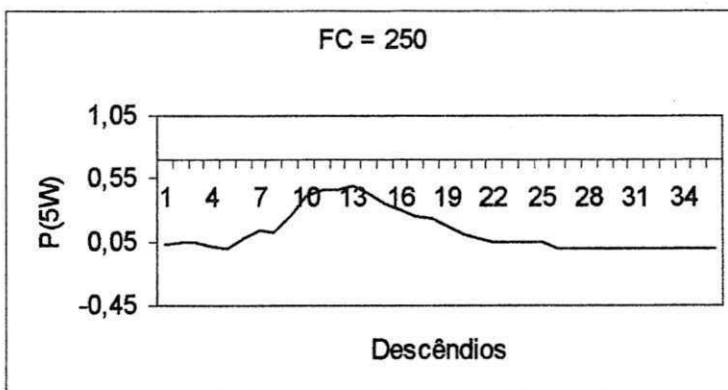
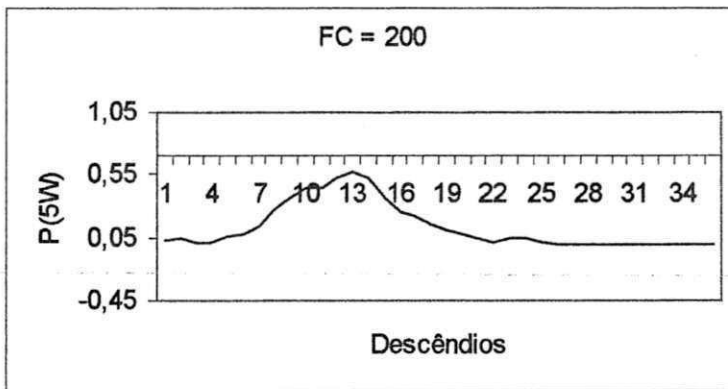
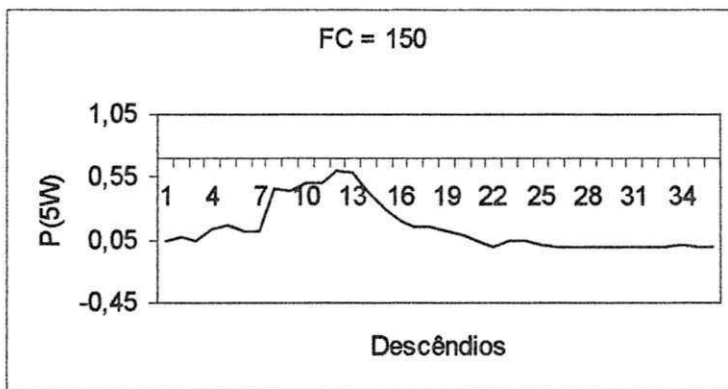
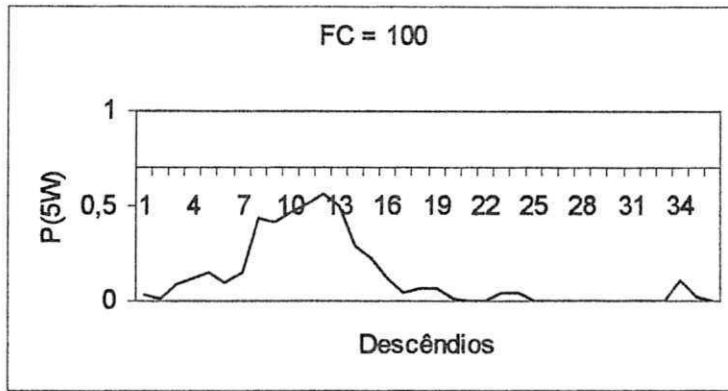
#### 4.6 - AÇU



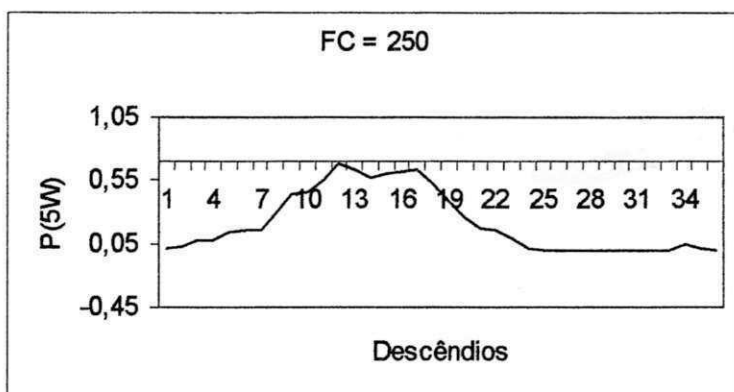
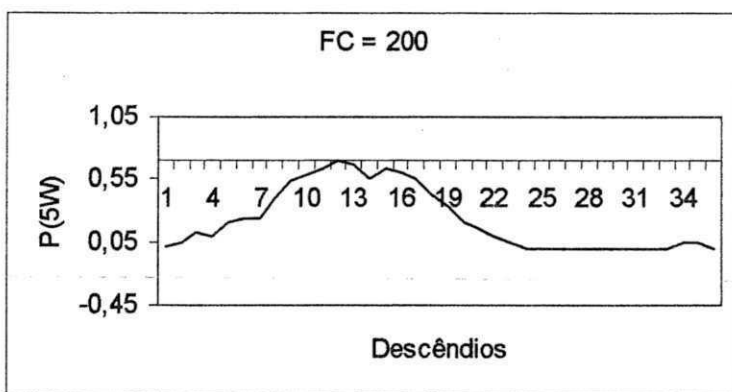
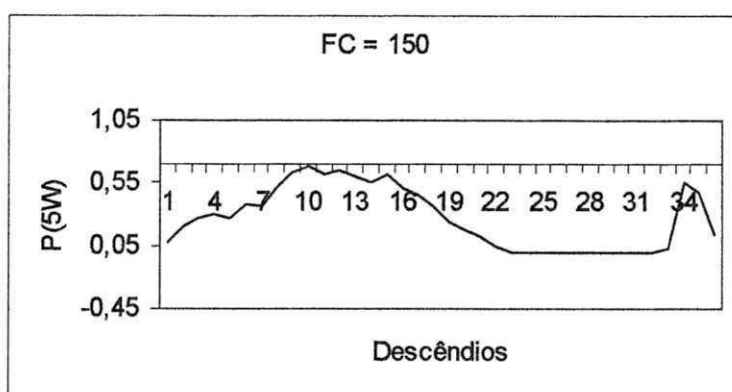
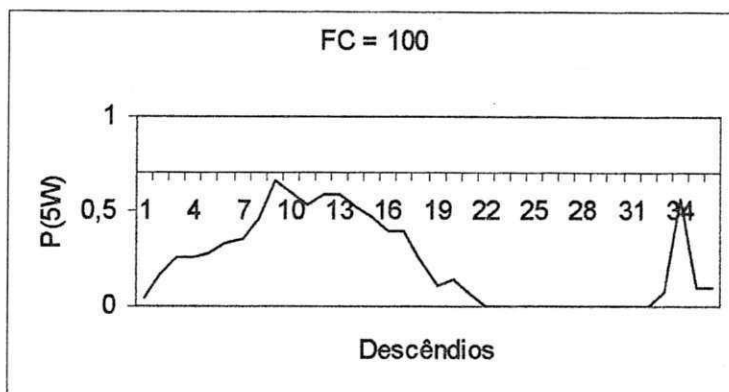
#### 4.7 - ANGICOS



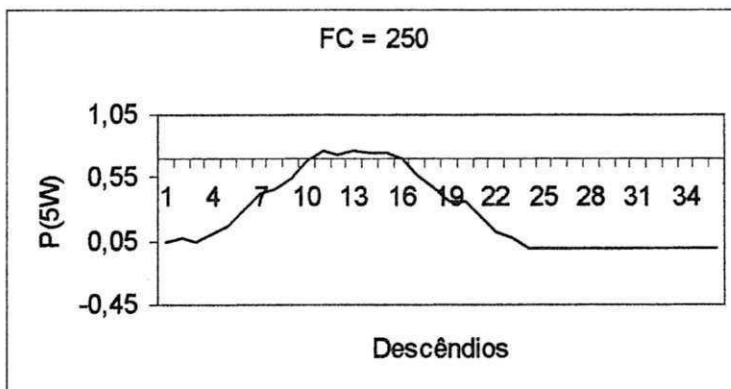
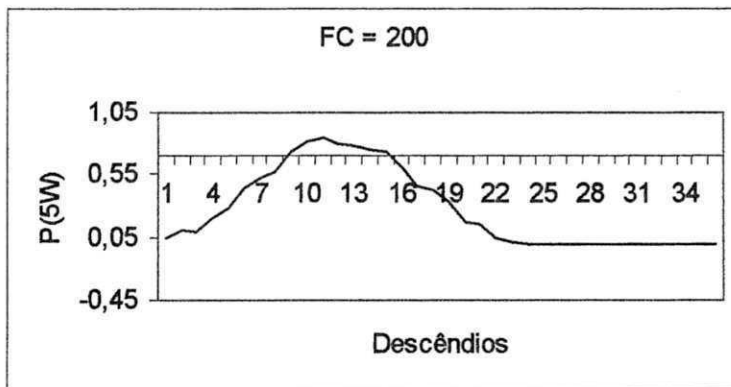
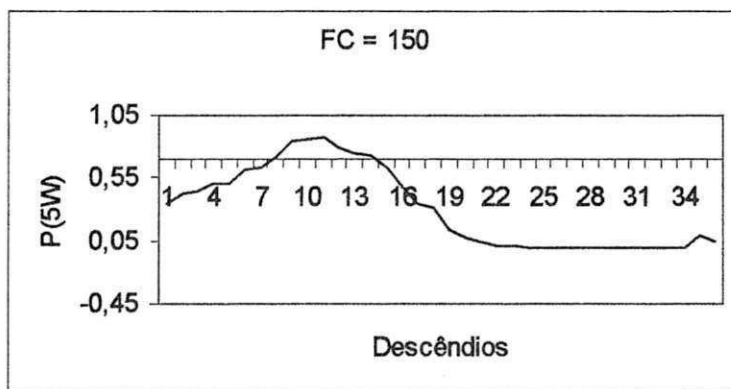
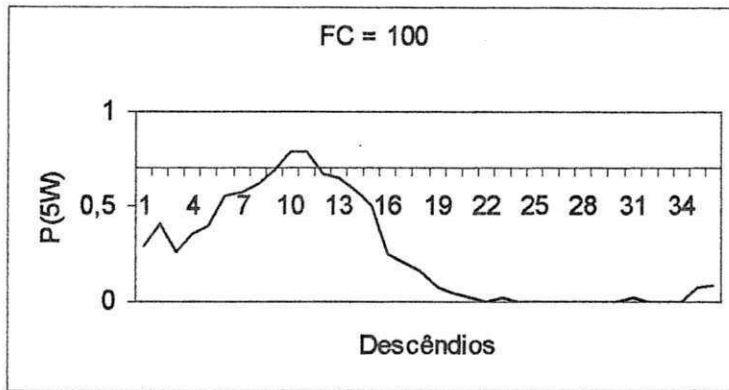
#### 4.8 - PIXORE DE BAIXO



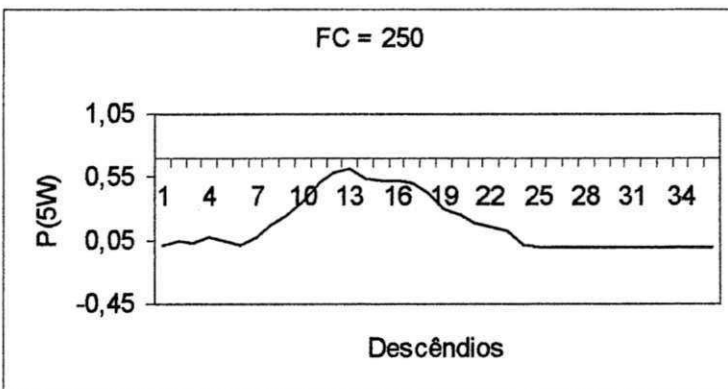
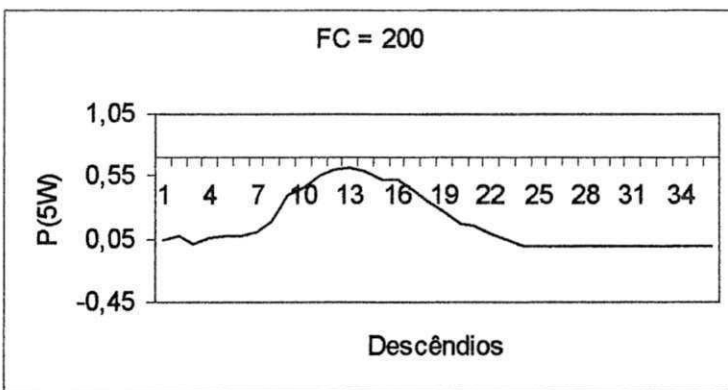
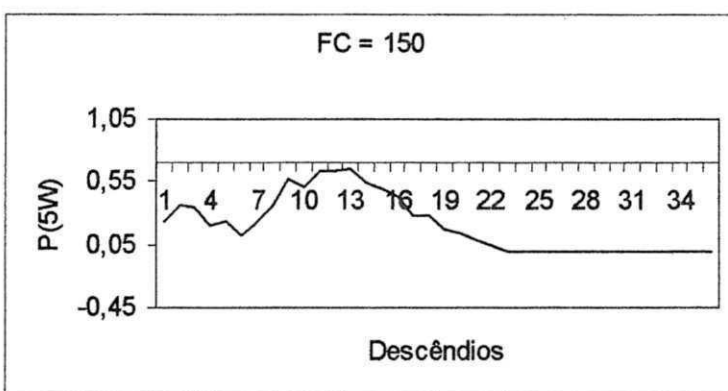
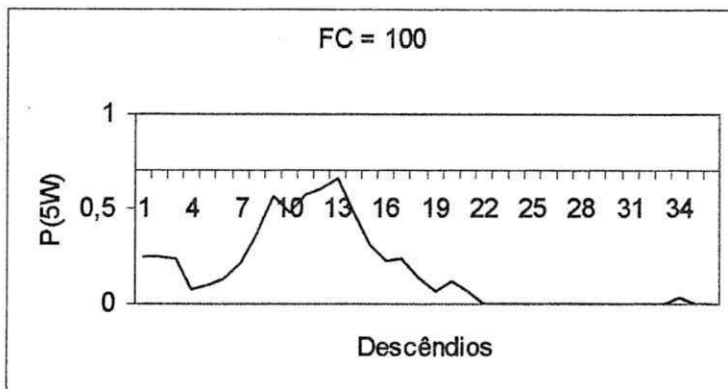
#### 4.9 - SÃO RAFAEL



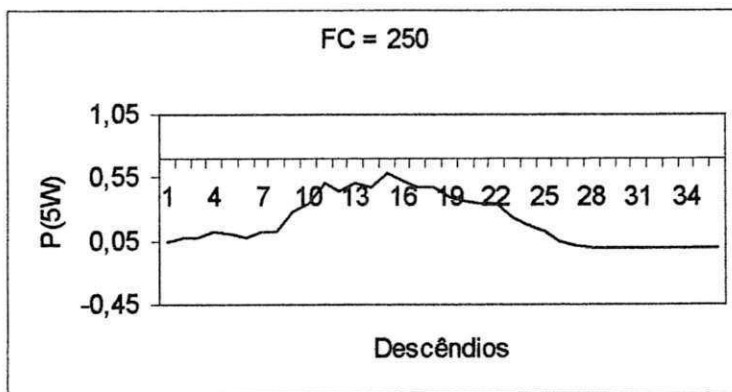
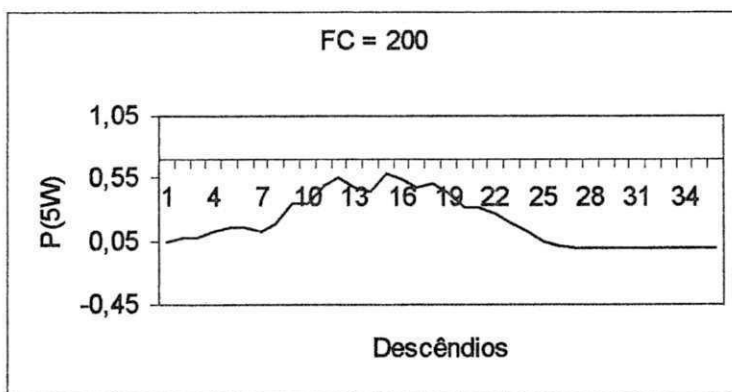
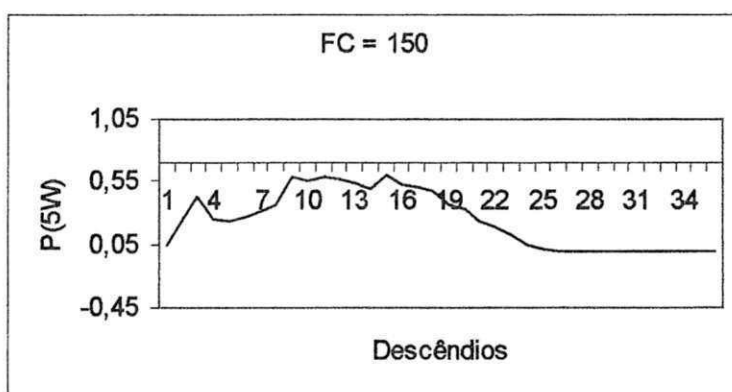
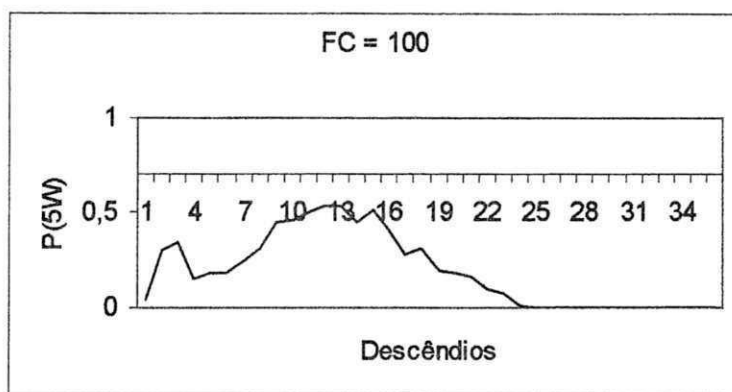
#### 4.10 - SANTANA DOS MATOS



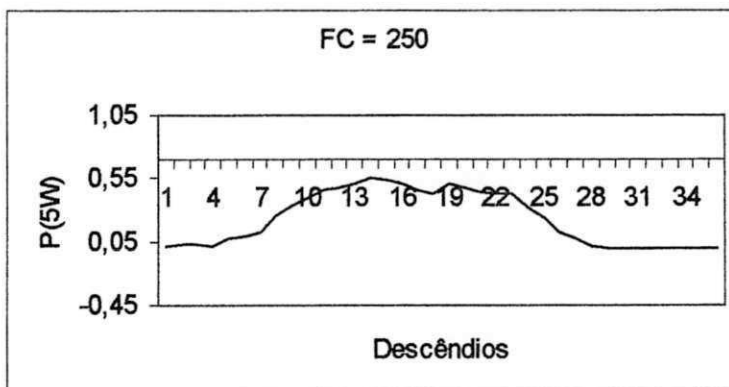
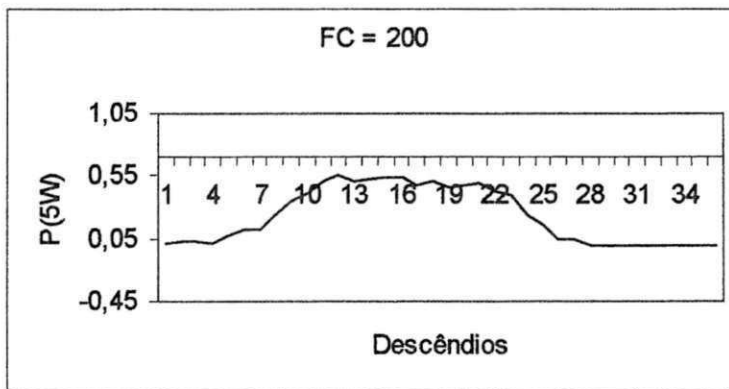
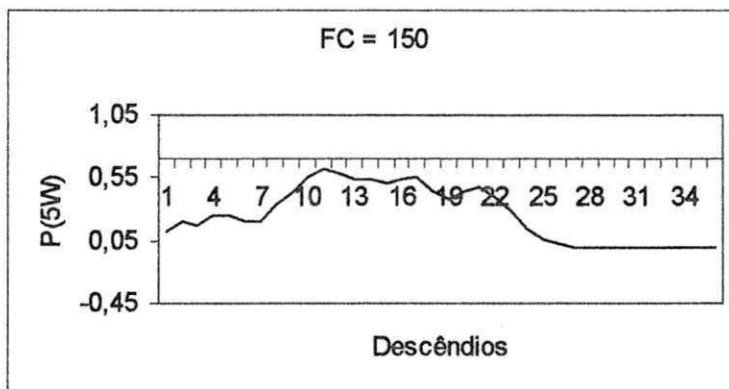
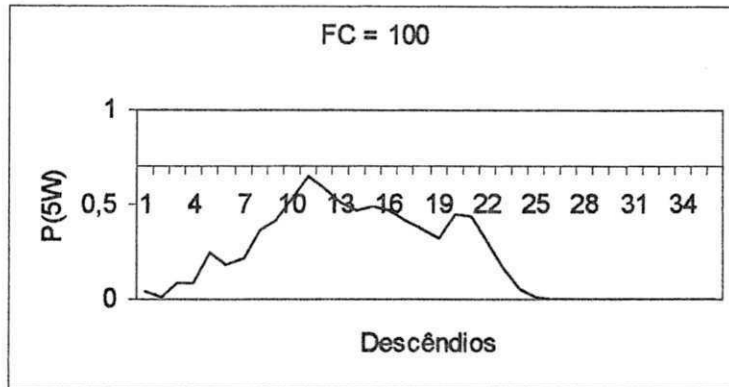
4.11 - AFONSO BEZERRA



#### 4.12 - RECANTO

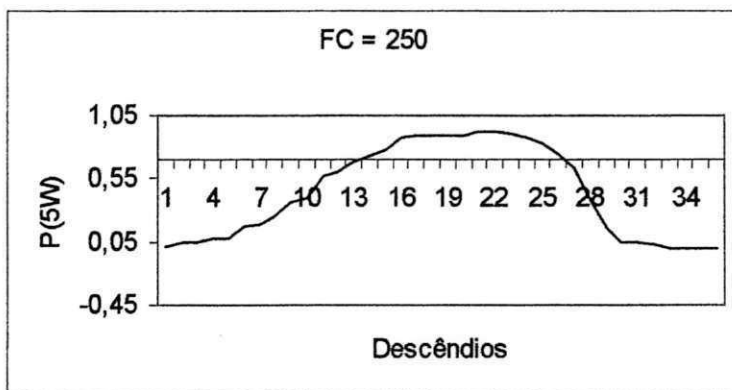
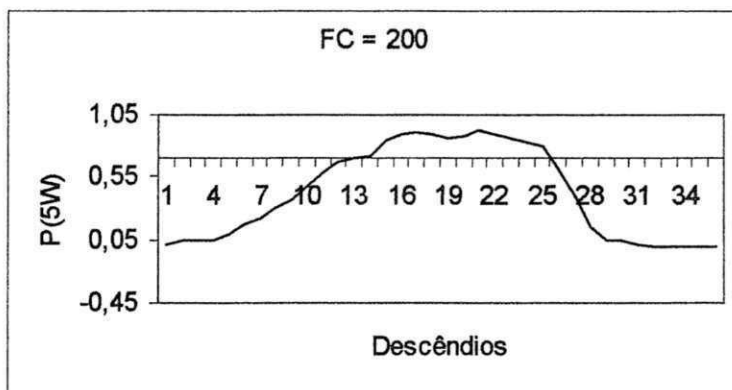
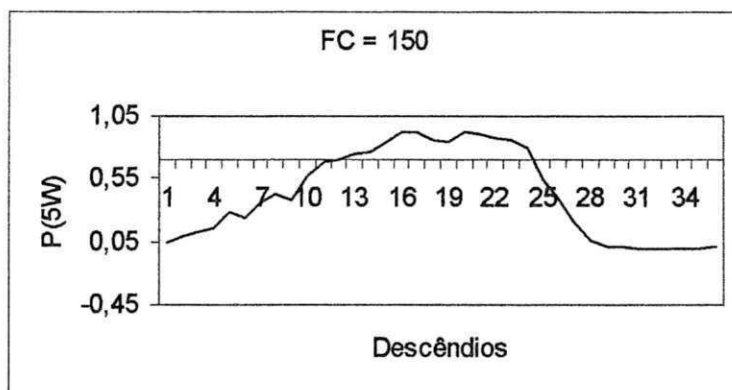
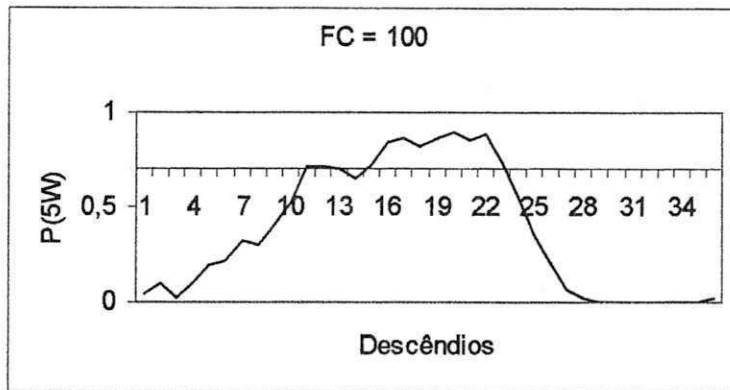


#### 4.13 - JARDIM DE ANGICOS

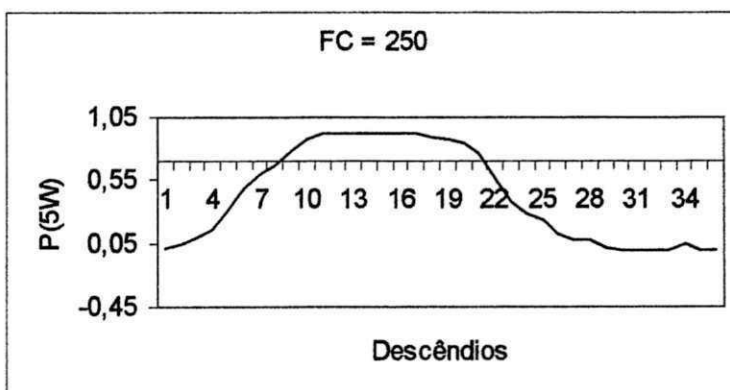
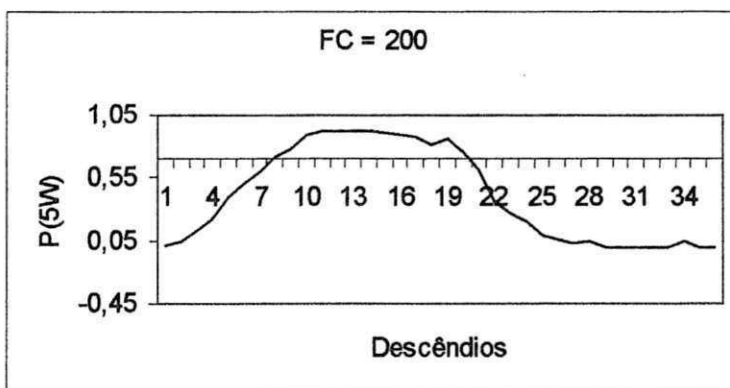
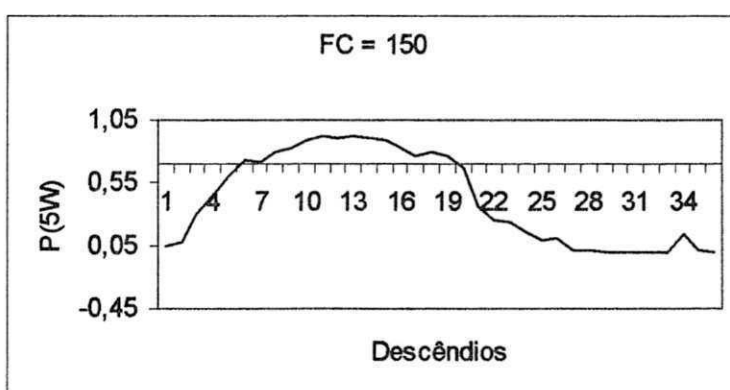
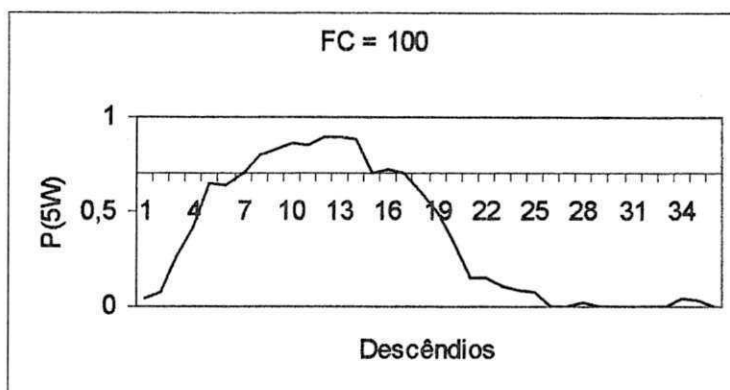




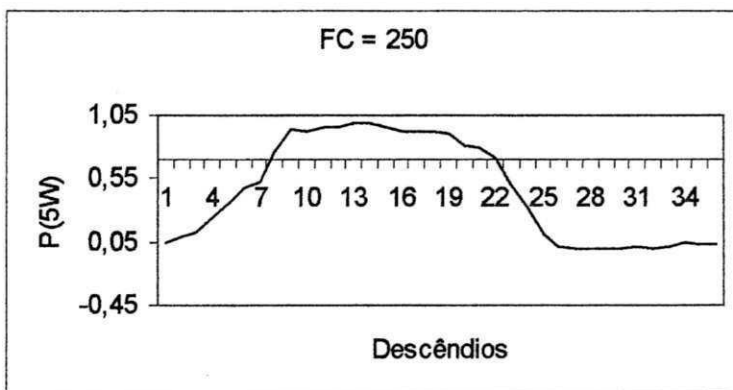
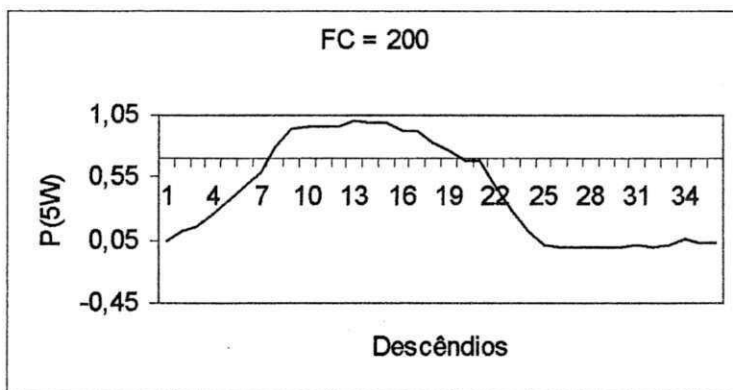
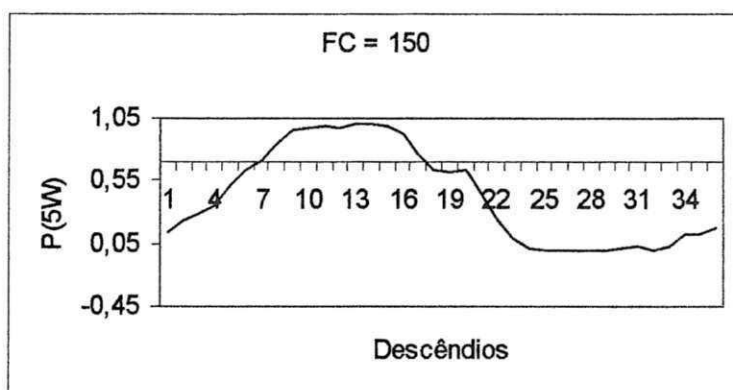
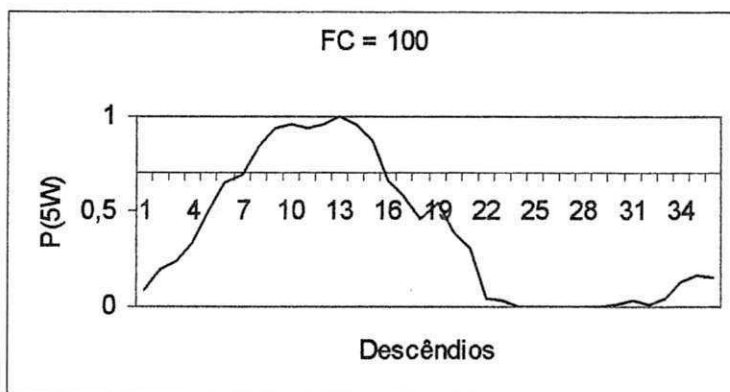
#### 4.14 - CEARÁ MIRIM



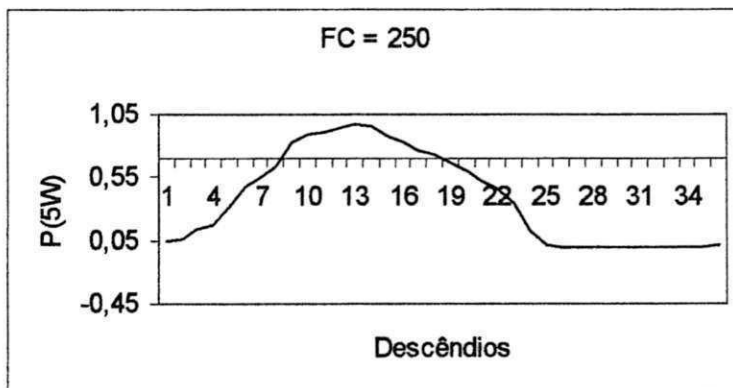
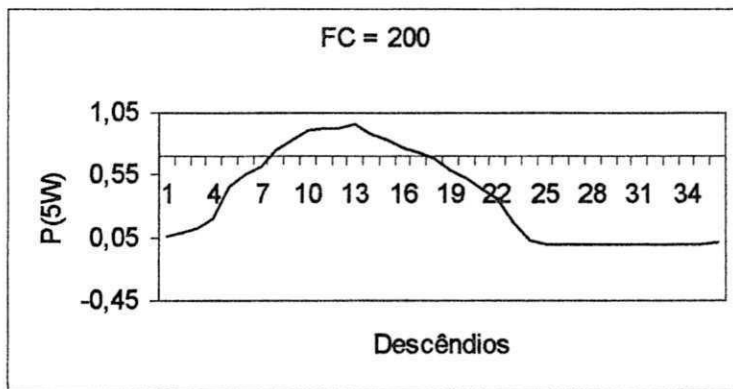
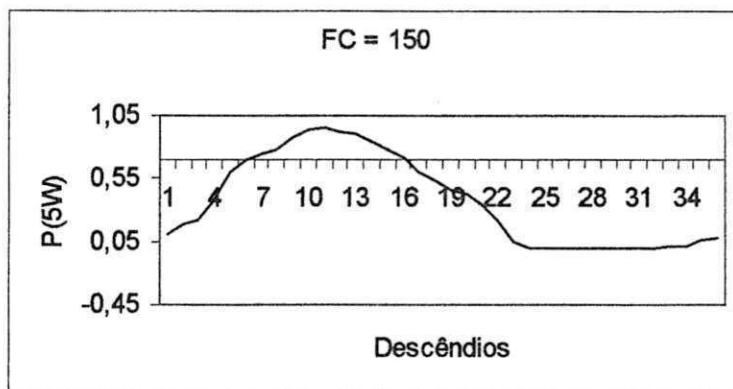
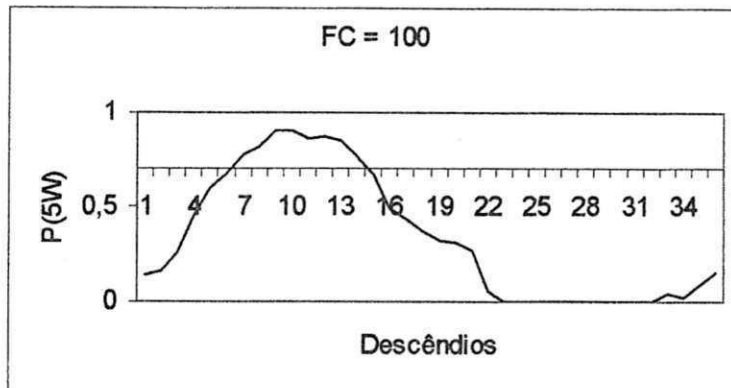
#### 4.15 - SÃO MIGUEL



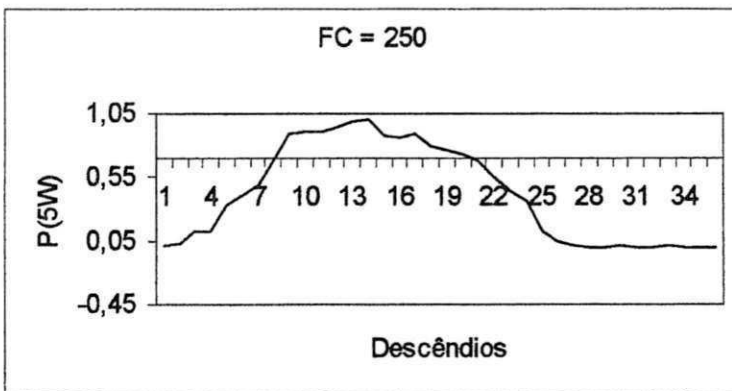
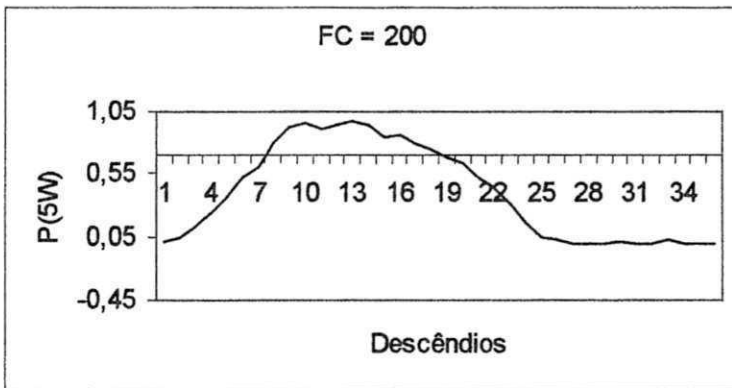
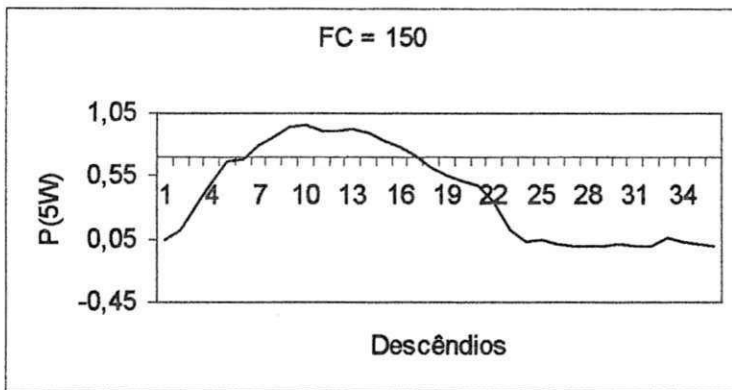
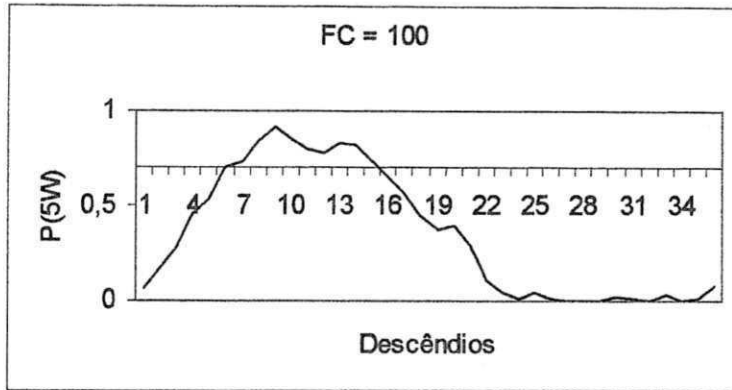
4.16 - LUIZ GOMES



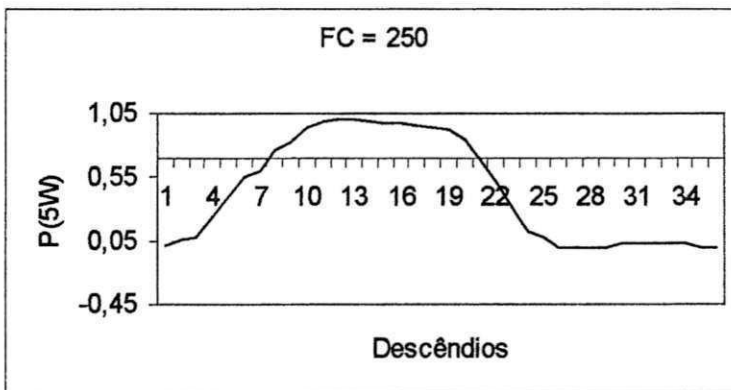
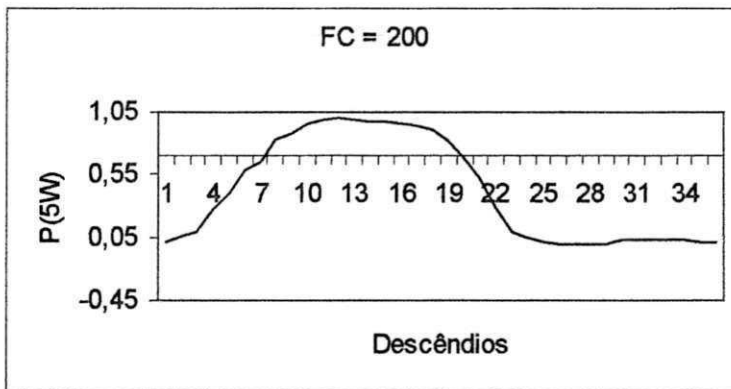
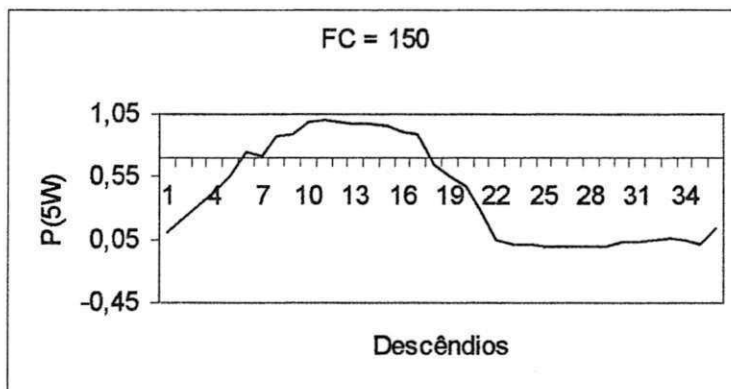
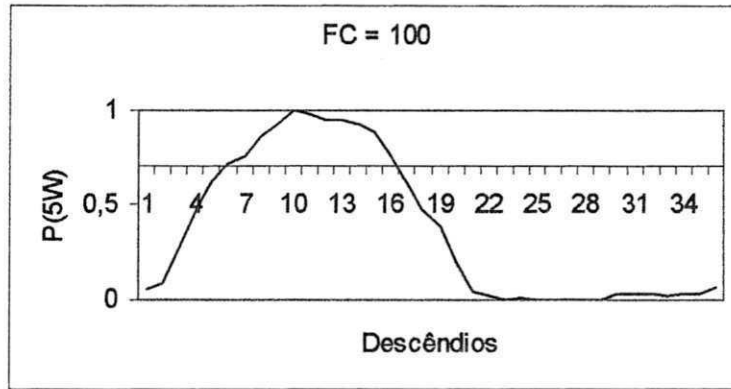
#### 4.17 - ALEXANDRIA



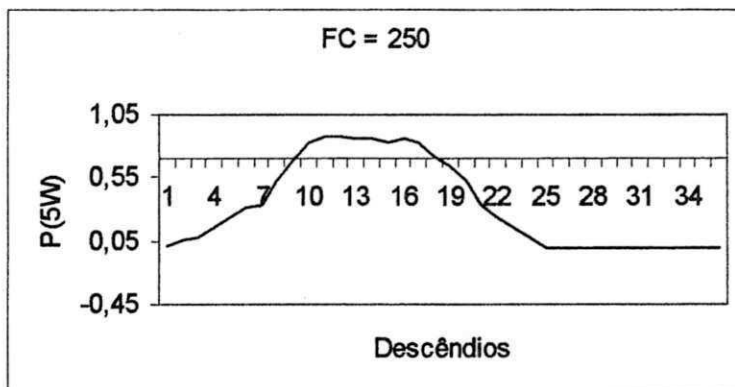
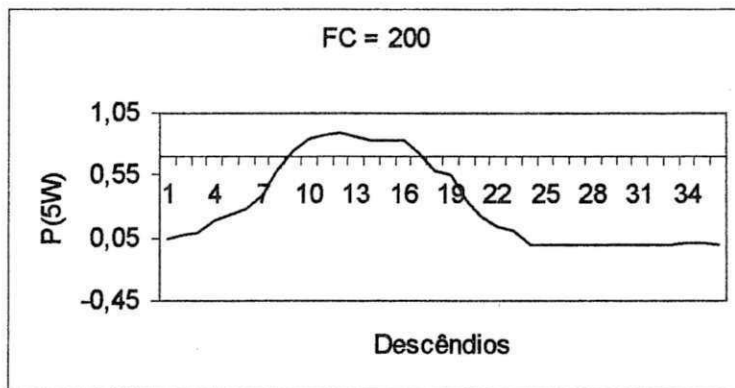
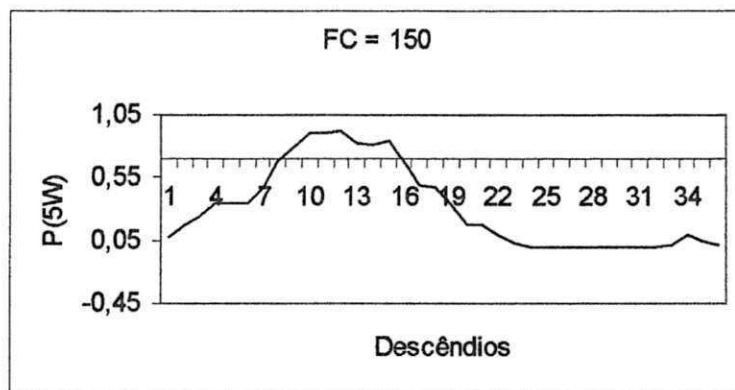
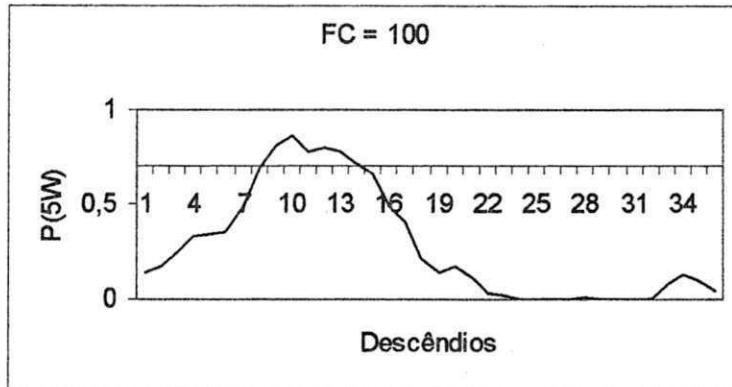
4.18 - TENENTE ANANIAS GOMES



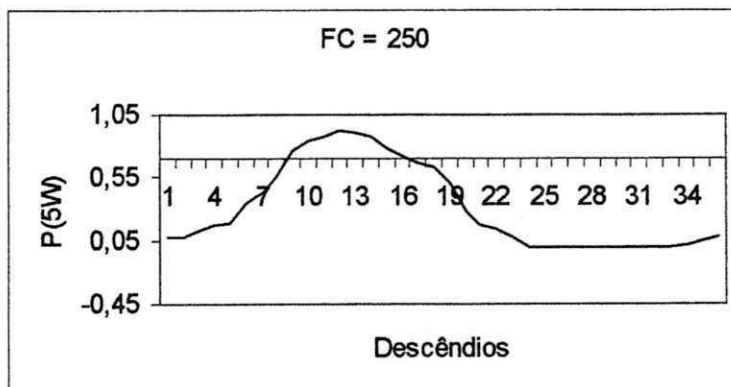
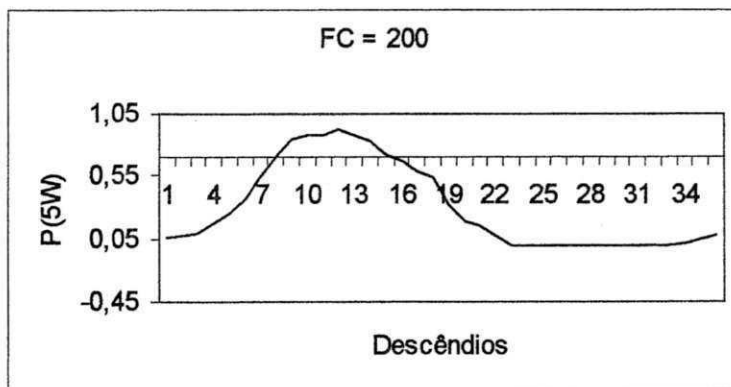
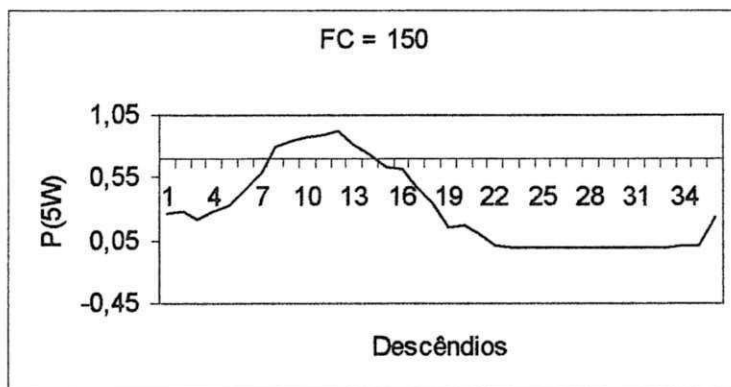
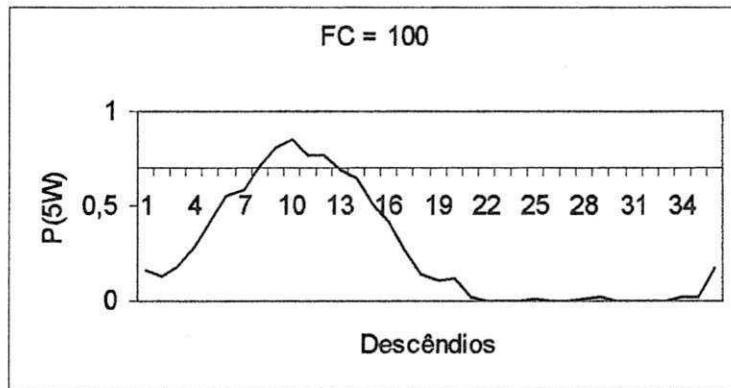
#### 4.19 - MARTINS



#### 4.20 - JUCURUTU

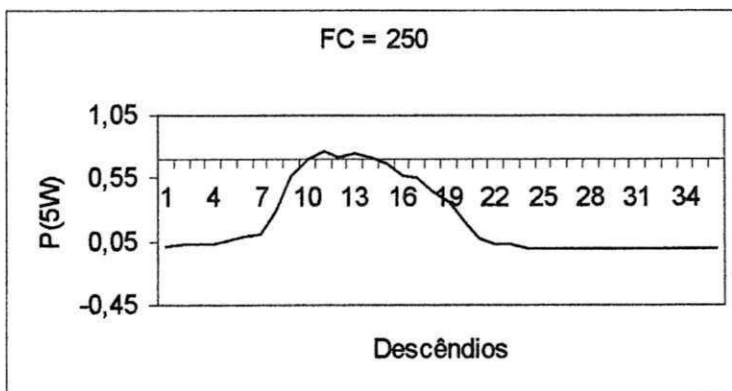
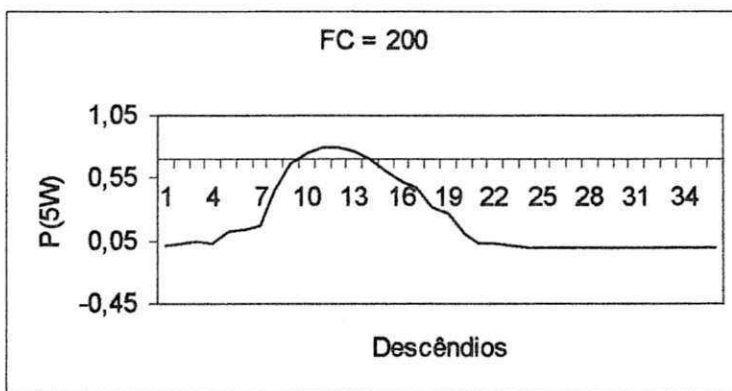
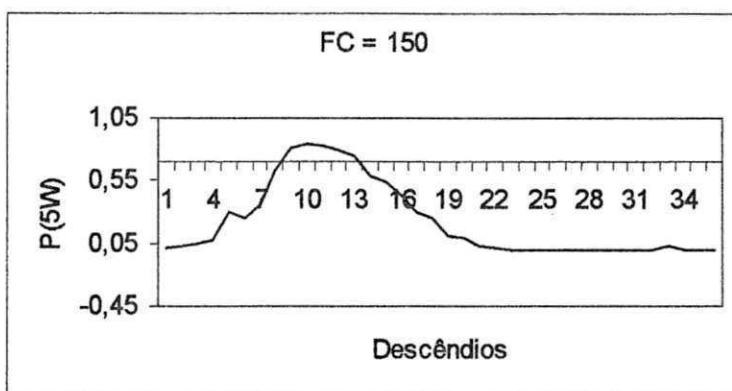
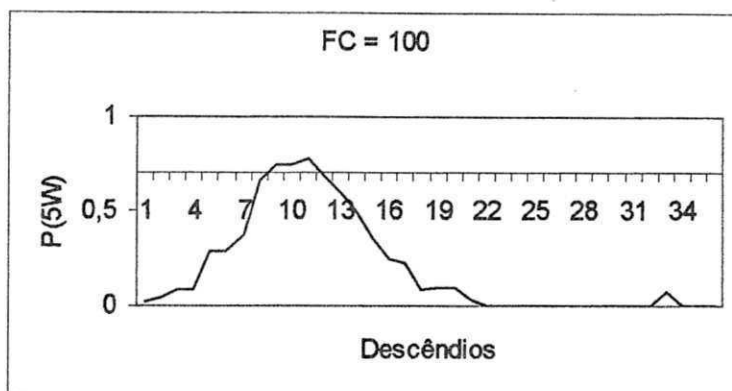


#### 4.21 - CAICÓ

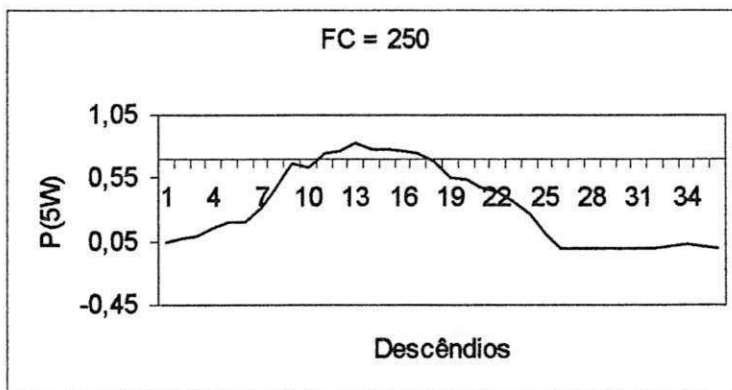
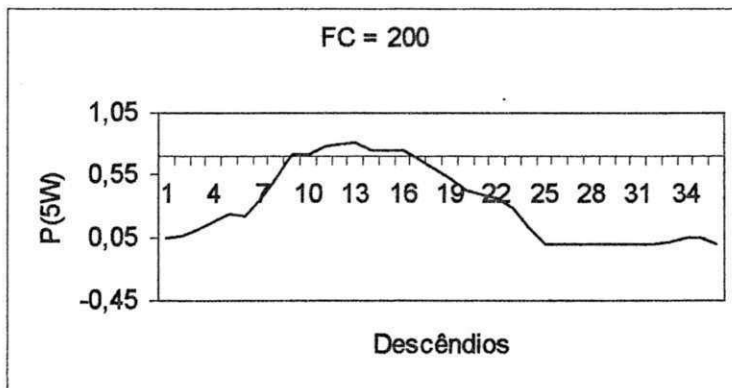
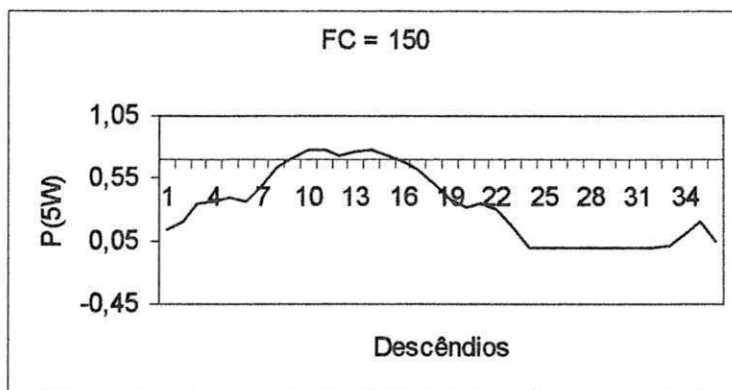
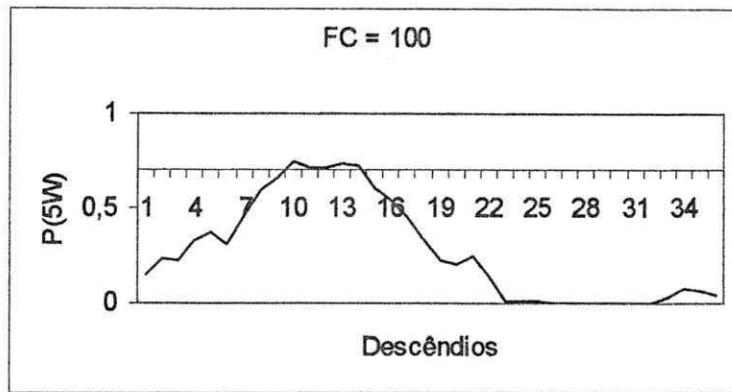




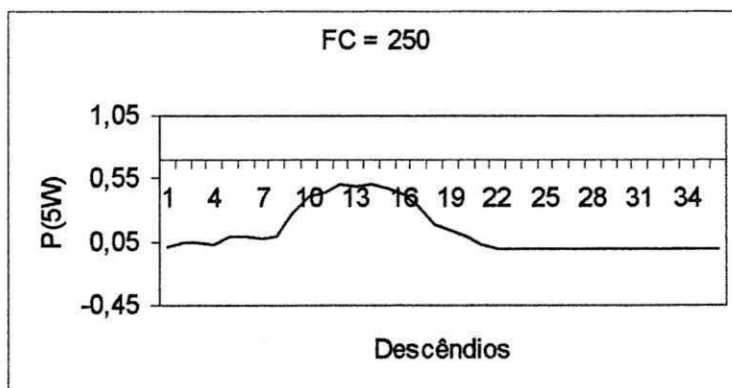
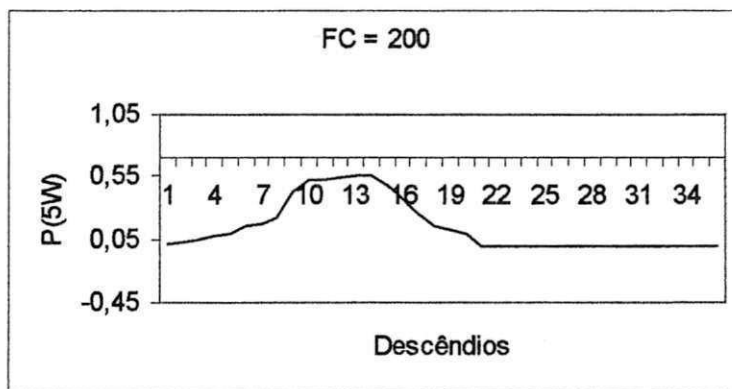
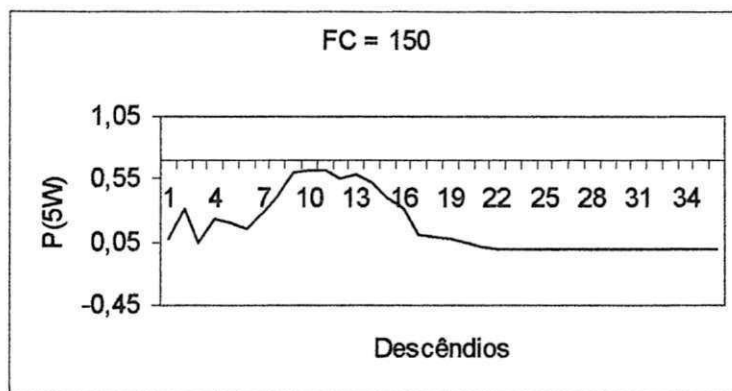
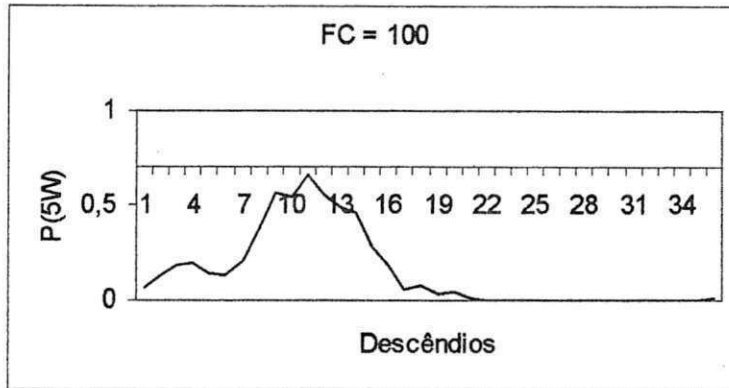
#### 4.22 - FLORÂNIA



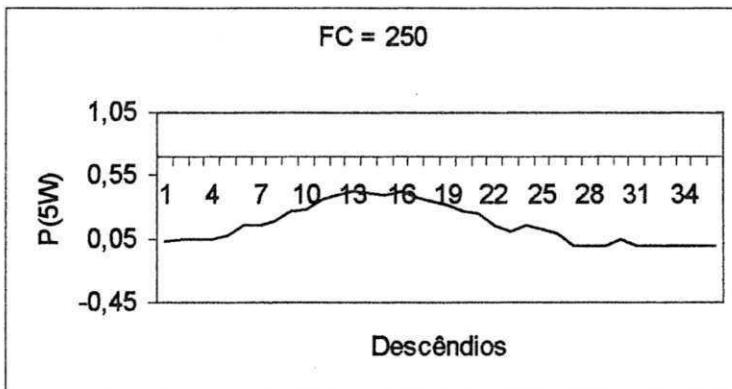
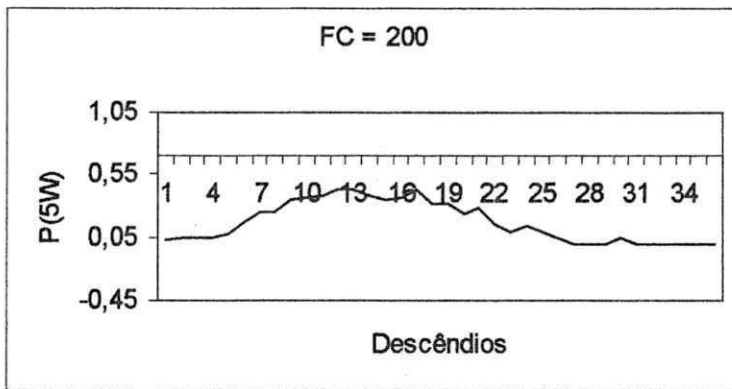
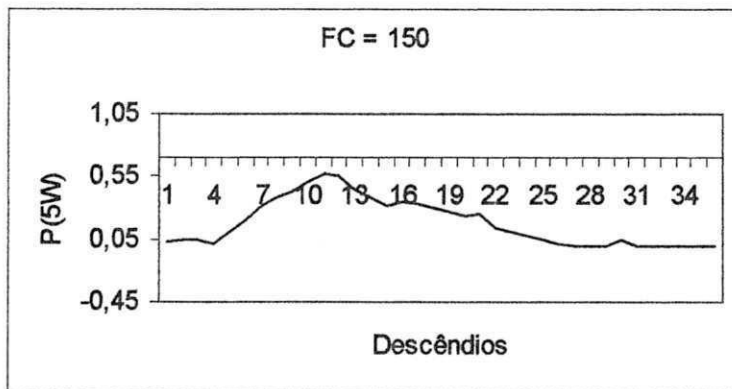
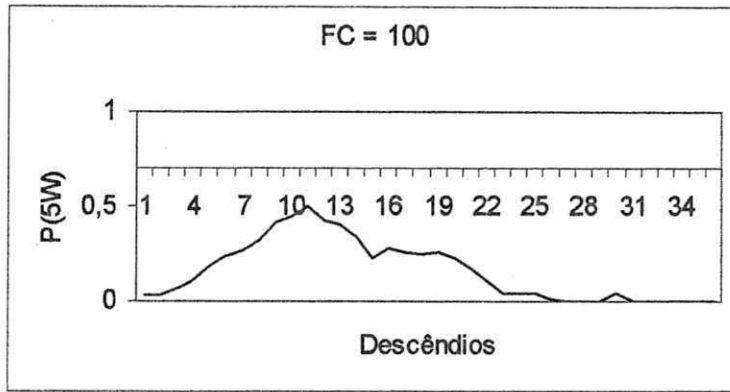
### 4.23 - SÃO VICENTE



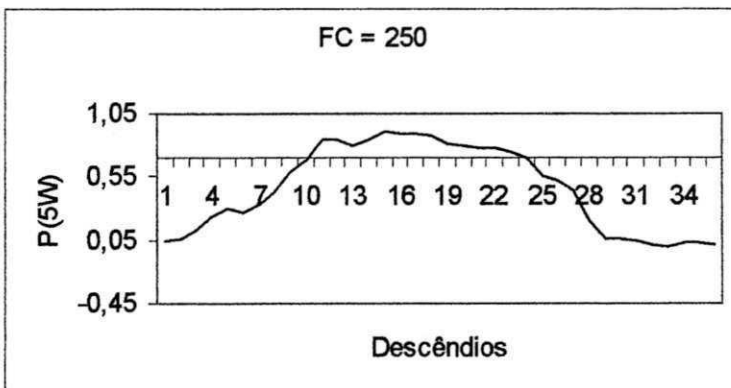
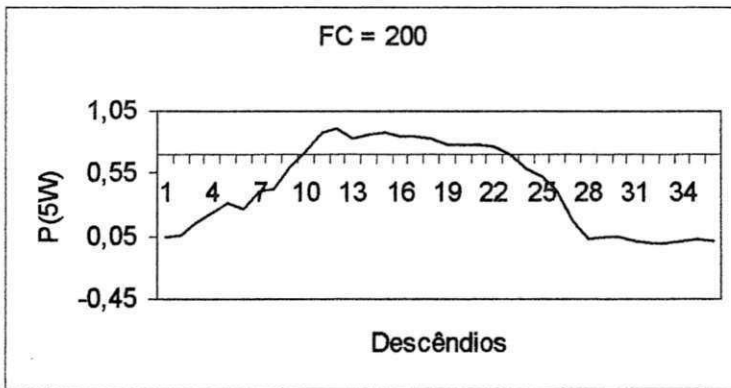
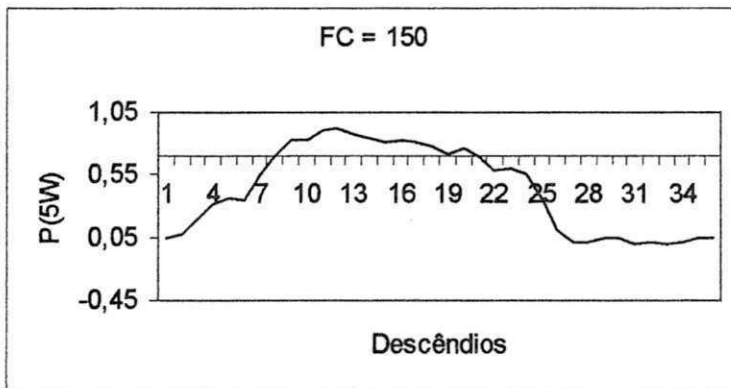
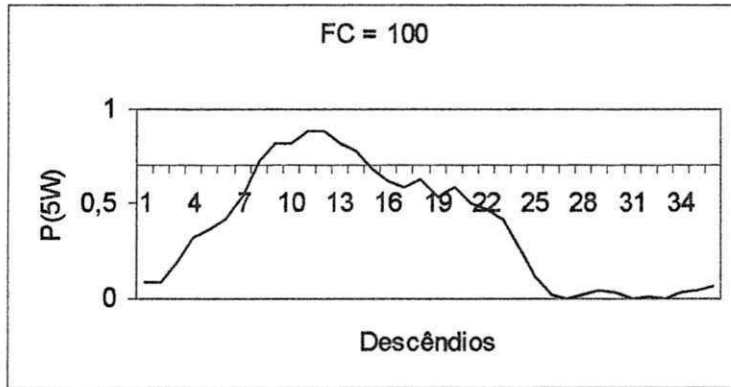
#### 4.24 - CRUZETA



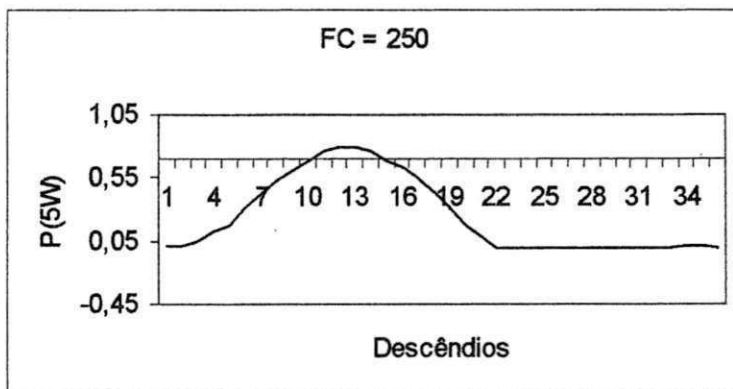
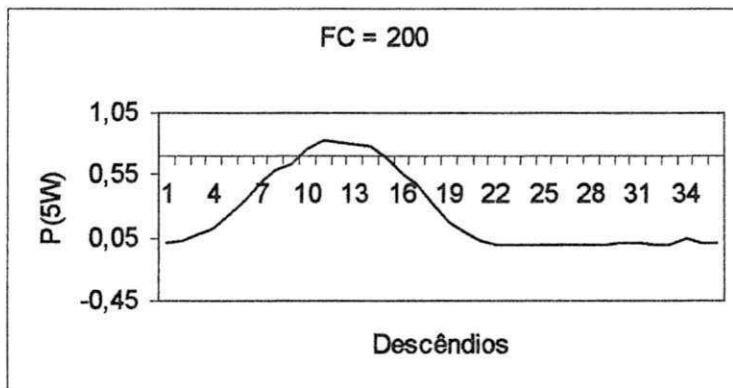
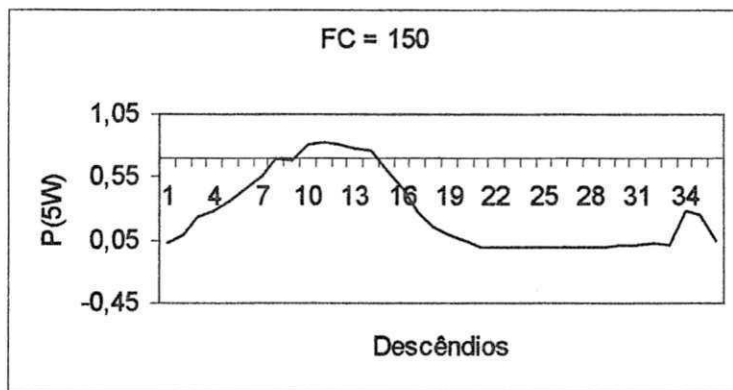
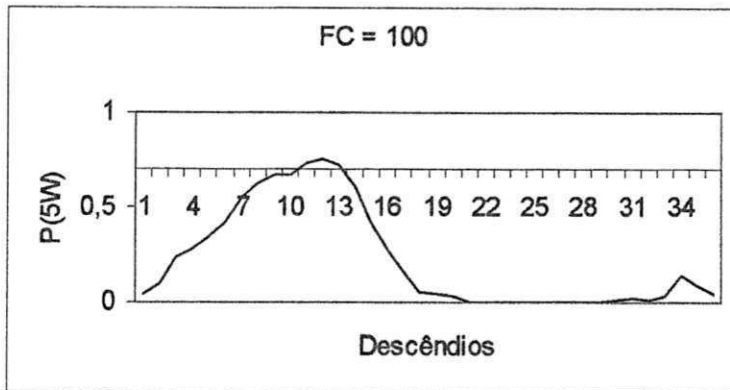
#### 4.25 - SANTA CRUZ



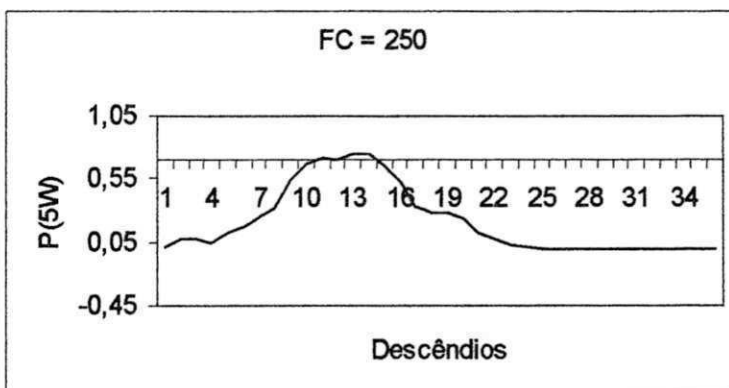
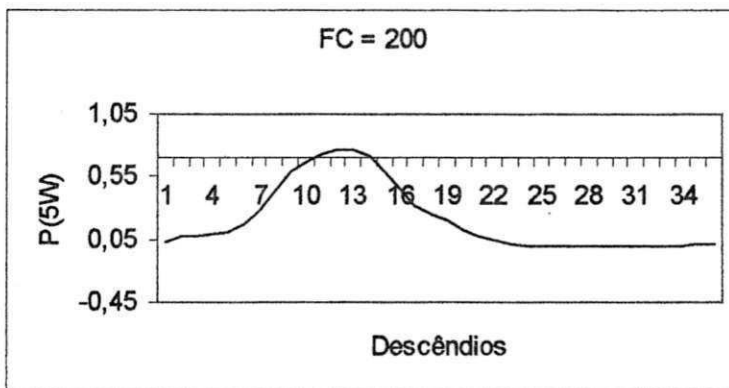
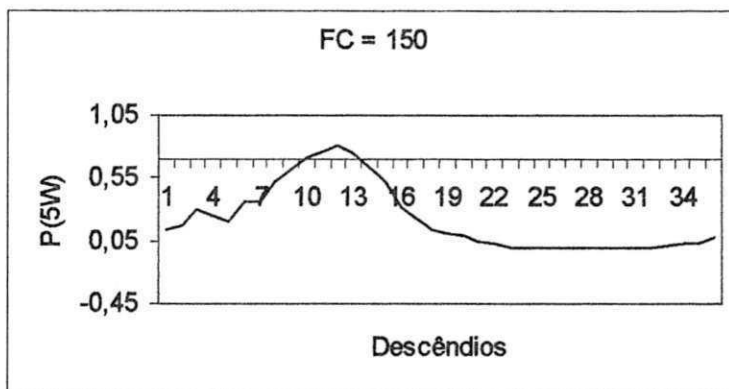
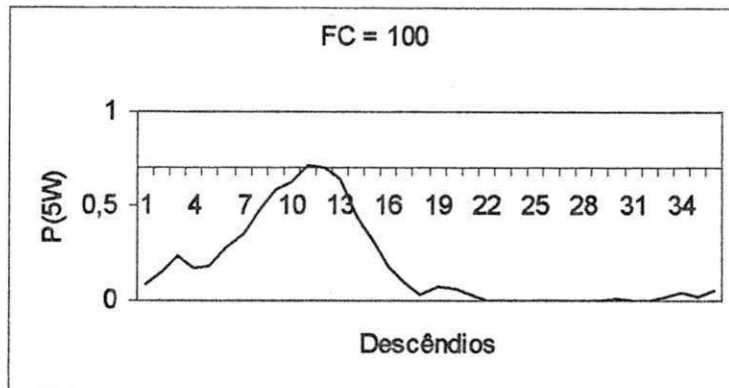
4.26 - CORONEL EZEQUIEL



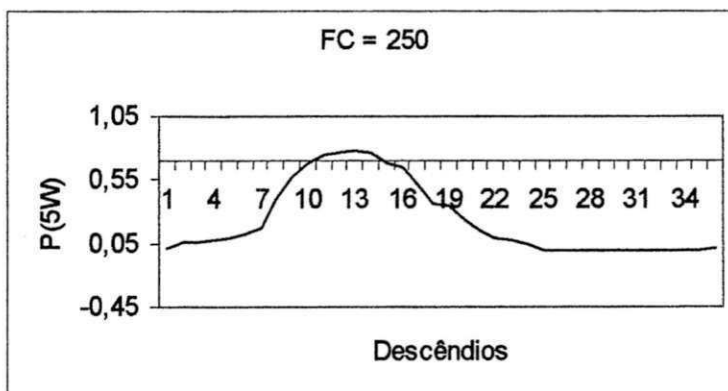
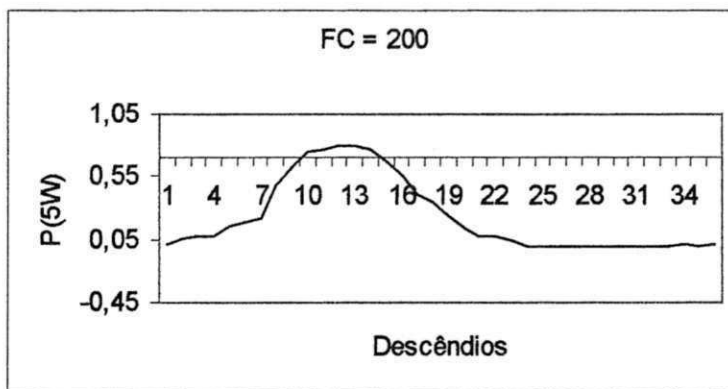
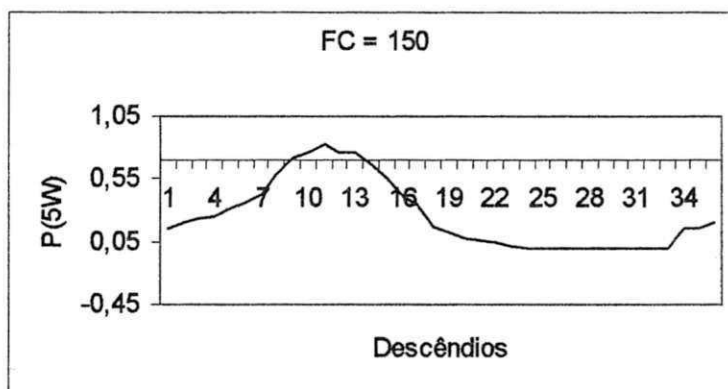
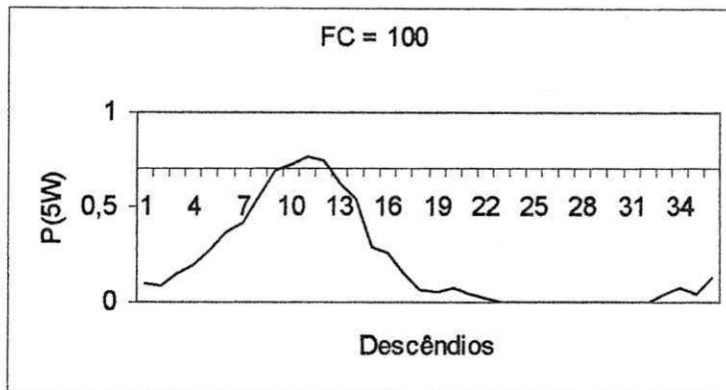
#### 4.27 - SERRA NEGRA DO NORTE



4.28 - SÃO JOÃO DO SABUGI



#### 4.29 - JARDIM DO SERIDÓ





### 4.30 - PARELHAS

