

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ - UNIOESTE**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE DISPONIBILIDADE DE UMIDADE**  
**PARA A REGIÃO OESTE DO PARANÁ**

**CASCADEL - PARANÁ – BRASIL**

**2006**

**CACEA FURLAN MAGGI**

**DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE DISPONIBILIDADE DE UMIDADE  
PARA A REGIÃO OESTE DO PARANÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração em **Engenharia de Recursos Hídricos e Meio Ambiente.**

Orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr. Benedito  
Martins Gomes

Co-orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr. Marcio  
Antonio Vilas Boas

**CASCADEL - PARANÁ - BRASIL  
FEVEREIRO - 2006**

## **Cacea Furlan Maggi**

“Determinação do índice de disponibilidade de umidade na Região Oeste do Paraná”

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação “stricto sensu” em Engenharia Agrícola, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, pela comissão formada pelos professores:

Orientador: Prof. Dr. Benedito Martins Gomes  
UNIOESTE/CCET – Cascavel - PR

Prof. Dr. Paulo Sérgio Lourenço de Freitas  
UEM – Maringá - PR

Prof. Dr. Silvio César Sampaio  
UNIOESTE/CCET – Cascavel - PR

Cascavel, 21 de fevereiro de 2006.



## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela oportunidade de estudar em uma Universidade Pública e gratuita, por estar presente em todos os momentos de minha vida, auxiliando-me a superar as dificuldades e vencer desafios.

Agradeço a minha Família, aos meus pais Licerio e Lucinda que foram meu exemplo e se não fossem por vocês eu não estaria aqui, aos meus irmãos Marcio, Junior e Gerson pelo incentivo e apoio a mim em todos os momentos.

Aos professores que colaboraram para minha formação profissional.

Agradeço aos colegas, aos amigos em que fiz aqui, que participaram de forma ou de outra nesta etapa da minha vida.

Agradeço ao professor que me orientou neste trabalho, Benedito Martins Gomes e também ao Professor Manuel Móises Ferreira de Queiroz, pela orientação e amizade.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS.....	vii
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	ix
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 OBJETIVOS.....	3
1.1.1 Objetivo Geral.....	3
1.1.2 Objetivos Específicos.....	3
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1 Características da região.....	4
2.2 Precipitação.....	4
2.3 Evapotranspiração.....	8
2.4 Distribuição Gama de probabilidade.....	17
2.5 Distribuição Lognormal de probabilidade.....	18
2.6 Distribuição Generalizada de Valores Extremos (GEV).....	19
2.5 Índice de Disponibilidade de Umidade – IDU.....	21
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	23
3.1 Descrição da área em estudo.....	23
3.2 Registros de precipitação e temperatura.....	23
3.3 Método de determinação da evapotranspiração.....	25
3.4 Análise dos dados de temperatura.....	25
3.5 Modelos probabilísticos.....	25
3.6 Análise dos registros de precipitação.....	26
3.7 Determinação do Índice de Disponibilidade de Umidade – IDU.....	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
4.1 Ajuste dos modelos probabilísticos para Eto.....	28
4.1.1 Verificação dos ajustes dos modelos probabilísticos de Gama e Lognormal.....	28
4.1.2 Verificação do ajuste do modelo GEV.....	33
4.2 Determinação da Eto a 75% de probabilidade de ocorrência.....	38
4.3 Ajuste do modelo probabilístico para a precipitação.....	39
4.4 Determinação de IDU.....	39
5 CONCLUSÕES.....	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45
ANEXOS.....	51

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	GRÁFICOS DO AJUSTE AOS MODELOS PROBABILÍSTICOS TEÓRICOS GAMA E LOGNORMAL RELATIVOS À ESTAÇÃO 2, REFERENTES AS SÉRIES DOS OS MESES DE JANEIRO, FEVEREIRO, MARÇO ABRIL, MAIO, JUNHO, JUNHO E AGOSTO.....	29
<b>Figura 2</b>	GRÁFICO DO AJUSTE AOS MODELOS PROBABILÍSTICOS TEÓRICOS GAMA E LOGNORMAL RELATIVOS À ESTAÇÃO 2, REFERENTES A SÉRIES DOS MESES DE SETEMBRO, OUTUBRO, NOVEMBRO E DEZEMBRO.....	30
<b>Figura 3</b>	GRÁFICO DO AJUSTE AOS MODELOS PROBABILÍSTICOS TEÓRICOS GAMA E LOGNORMAL RELATIVOS À ESTAÇÃO 10, REFERENTES ÀS SÉRIES DOS MESES DE JANEIRO, FEVEREIRO, MARÇO, ABRIL, MAIO, JUNHO, JULHO E AGOSTO.....	31
<b>Figura 4</b>	GRÁFICO DO AJUSTE AOS MODELOS PROBABILÍSTICOS TEÓRICOS GAMA E LOGNORMAL RELATIVOS À ESTAÇÃO 10 PARA OS MESES DE SETEMBRO, OUTUBRO NOVEMBRO E DEZEMBRO.....	32
<b>Figura 5</b>	GRÁFICOS REFERENTES ÀS SÉRIES NÃO ACEITAS PELO TESTE DE WANG, A) ESTAÇÃO 2 REFERENTE AO MÊS DE JUNHO; B) ESTAÇÃO 9 REFERENTE AO MÊS DE SETEMBRO.....	35
<b>Figura 6</b>	GRÁFICOS DO AJUSTE DO MODELO DE GEV, RELATIVO À ESTAÇÃO 8 DAS SÉRIES MENSAIS DE ETO ACEITOS PELO TESTE DE WANG PARA OS MESES DE JANEIRO, FEVEREIRO, MARÇO E ABRIL.....	36
<b>Figura 7</b>	GRÁFICOS DO AJUSTE DO MODELO DE GEV, RELATIVO À ESTAÇÃO 8 DAS SÉRIES MENSAIS DE ETO ACEITOS PELO TESTE DE WANG PARA OS MESES DE MAIO, JUNHO, JULHO, AGOSTO, SETEMBRO, OUTUBRO, NOVEMBRO E DEZEMBRO.....	37

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	RELAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE TEMPERATURA MÉDIA MENSAL.....	24
<b>Tabela 2</b>	SÉRIES MENSAIS DE PRECIPITAÇÃO AJUSTADAS À DISTRIBUIÇÃO GAMA DE PROBABILIDADE POR ESTAÇÃO.....	27
<b>Tabela 3</b>	VALORES MÁXIMOS E MÍNIMOS DE TODOS OS PARÂMETROS ESTUDADOS PARA SÉRIES DE ETO MENSAIS.....	33
<b>Tabela 4</b>	DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DO PARÂMETRO K PARA SÉRIES DE ETO MENSAIS.....	33
<b>Tabela 5</b>	FORMAS DE DISTRIBUIÇÕES DE VALORES EXTREMOS PARA SÉRIES DE ETO MENSAIS.....	34
<b>Tabela 6</b>	DADOS REFERENTES ÀS SÉRIES NÃO ACEITAS PELO TESTE DE WANG.....	35
<b>Tabela 7</b>	DISTRIBUIÇÃO DA $ET_{0.75}$ MENSAL, ESTIMADA ATRAVÉS DA DISTRIBUIÇÃO GAMA DE PROBABILIDADE.....	38
<b>Tabela 8</b>	RESULTADO DOS IDUS, SEGUNDO AS ESTIMATIVAS DE ETO PELO MÉTODO DE CAMARGO ASSOCIADA A 75% DE OCORRÊNCIA ATRAVÉS DA DISTRIBUIÇÃO GAMA...	40
<b>Tabela 9</b>	RESULTADO DOS IDUS, SEGUNDO AS ESTIMATIVAS DE ETO PELO MÉTODO DE CAMARGO ASSOCIADA A 75% DE OCORRÊNCIA ATRAVÉS DA DISTRIBUIÇÃO LOGNORMAL.....	40
<b>Tabela 10</b>	PRECIPITAÇÃO NA REGIÃO OESTE DO PARANÁ.....	43

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo comparar os modelos de estimativa de Evapotranspiração de Referência (ET<sub>o</sub>) Gama, Lognormal, e o modelo de distribuição generalizada de valores extremos (GEV), calculada através do modelo de Camargo, na região Oeste do Paraná e determinar o Índice de Disponibilidade de Umidade – IDU. Os dados climáticos foram obtidos através do IAPAR (Instituto Agrônômico do Paraná) e do SIMEPAR (Sistema Meteorológico do Paraná). Trabalhou-se com dados de temperatura média mensal da região Oeste do Paraná, cuja localização geográfica das estas estações se encontram entre - latitude: 24°17'00" a 25°27'00" S, e longitude: 53°07'00" a 54°24'00" W de Greenwich. As séries históricas utilizadas apresentavam dados de 6 a 32 anos de temperatura média mensal. Os dados de temperatura média mensal foram utilizados para calcular a Eto. A partir dos dados Eto mensais procedeu-se a verificação do ajuste dos modelos probabilísticos associados ao nível de 75% de ocorrência. Para a validação para os modelos probabilístico Gama e Lognormal foram utilizados testes de aderência de Kolmogorov-Smirnov, com significância de 5% de probabilidade. Para a distribuição GEV a qualidade do ajuste foi avaliada através do teste de Wang ao nível de 5% de probabilidade. Os valores do P<sub>75</sub> utilizados P<sub>75</sub> foram utilizados para o cálculo do Índice de Disponibilidade de Umidade. Os resultados foram que os modelos probabilísticos Gama e Lognomal apresentaram comportamentos semelhantes com relação à estimativa de Eto, pois todas as 144 séries estudadas todas foram aceitas pelo teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov, até mesmo as estações com poucos anos de registros se ajustaram, portanto os dois modelos ajustam adequadamente os dados de Eto. Para o modelo GEV das 144 séries avaliadas 22 séries não foram aceitas pelo teste de Wang para o nível de 5% de probabilidade. Na determinação do Índice de Disponibilidade de Umidade que indica a variação de  $0,33 \leq IDU \leq 1,33$ , como referência para a análise da disponibilidade de umidade, sendo que valores abaixo de 0,33 são indicações de déficit e acima de 1,33 de excesso hídrico. Os resultados mostram que no mês de junho foi o mês que apresentou os maiores valores de IDUs, foi neste mês também o que se verificou o maior número de estações com excesso hídrico, das 12 estações avaliadas 8 apresentaram excesso hídrico neste mês. Foi possível se verificar que os maiores valores de IDUs ocorreram em regiões próximas, que foram as regiões de São Miguel do Iguaçu e Foz do Iguaçu. Em todas as séries avaliadas, nenhuma apresentou déficit hídrico.

Palavras chave: Evapotranspiração, distribuição Gama, distribuição Lognormal, distribuição GEV.

## SUMMARY

The objective of the present study compare the models of estimation of evapotranspiration of Reference (ET<sub>o</sub>) was adjusted of probabilistic Gama, Lognormal, and generalization distribution of extreme value, solver behind of Camargo, on Paraná West and to determine the wet availability index. The dados was obtained in IAPAR (Paraná Institute Agronomy) end SIMEPAR (Paraná Meteorology System). Worked of medium month temperature dados of Paraná regions, with geographic localization 24°14'00" latitude S to 25°27'00" and 53°07'00" to 54°24'00" longitude W far from Greenwich. The historic series done showed dados of 6 to 32 year of month medium temperature. The month medium temperature was used for solver of ET<sub>o</sub>. With of month dados was adjusted of probabilistic models associate of 75% occur. For to tried of probabilistic Gama and Lognormal models was to used adherences test of Kolmogorov-Smirnov , with 5% of probability. For GEV distribution of qualify of adjusted was available of Wang test of 5% probability. This values of P<sub>75</sub> was used for wet availability index. The result was probabilistic Gama and Lognormal model showed similar comportment with to estimative of ET<sub>o</sub>, therefore all 144 series studied was accept of Kolmigorov-Smirnov adherence test, until of station with a few year of register adjusted, consequently the two models adjusted correct the ET<sub>o</sub> dados. The GEV model of 144 series available, 22 don't was accept of Wang test of 5% probability. On wet availability index showed variation of 0.33 to 1.33, how reference for wet availability analyses that valor less of 0.33 are to point out of deficit end tall of 1.33 wet excess. The results showed of June was the month the most valor of IDUs, was in this month too of occur better station number with wet excess, the 12 station available, 8 showed wet excess in this month. Was possible do see the most valor os IDUs happened in regions next, in São Miguel do Iguaçú and Foz do Iguaçú. All the series available don't shoed wet deficit.

Keywords: evapotranspiration, distribution Gama, distribution Lognormal, distribution GEV.

# 1 INTRODUÇÃO

As análises de dados meteorológicos tem como objetivo principal tirar conclusões sobre o comportamento esperado no presente e no futuro de uma determinada variável climatológica. Para facilitar a análise desses dados, torna-se necessário organizá-los de maneira a permitir uma identificação mais rápida das suas características mais importantes. Um dos métodos mais utilizados para se atingir este objetivo são as distribuições de frequências (COSTA, 1988). Conforme SILVA (1987), dentro de uma série de dados de qualquer variável meteorológica temos problemas usuais de descontinuidades, não representatividade e erros observacionais. A primeira regra antes de iniciar qualquer análise climatológica é estar seguro que a série de dados da variável meteorológica seja da mesma população. Em meteorologia, poucas coisas são certas, não se podendo dizer, por exemplo, que é certo que um determinado dia será bom, mas é possível estimar a probabilidade de que isto ocorra.

A evapotranspiração é considerada como a perda de água por evaporação do solo e transpiração das plantas. A evapotranspiração é importante para o balanço hídrico de uma bacia como um todo e, principalmente, para o balanço hídrico agrícola, que poderá envolver o cálculo da necessidade de irrigação.

O solo, as plantas e a atmosfera podem ser considerados como componentes de um sistema fisicamente inter-relacionado e dinâmico, no qual os vários processos de fluxo estão interligados como os elos de uma corrente. Neste sistema, é valioso e aplicável o conceito de potencial hídrico, ou seja, o fluxo de água ocorre dos pontos de maior potencial para os de menor potencial (o fluxo ocorre em direção do gradiente de potencial negativo).

A quantidade de água transpirada diariamente é grande em relação às trocas de água na planta, de modo que se pode considerar o fluxo através da planta, em curtos períodos de tempo, como um processo em regime permanente. A umidade relativa ou seja, a relação entre a tensão real e a de saturação de vapor, relaciona-se exponencialmente com o potencial hídrico.

Na medida em que diminui a umidade do solo, ocorrem restrições à transferência de água para a atmosfera, que passa a depender não somente das condições meteorológicas, mas também do sistema radicular das plantas, bem como de outras características, como o estado fitossanitário das mesmas. Esta condição permite distinguir entre evapotranspiração potencial e real.

A ETo pode ser medida diretamente no campo, geralmente utilizando lisímetros e evapotranpirômetros, o que constitui tarefa onerosa e trabalhosa. Tais medidas mostram-se aplicáveis apenas em postos meteorológicos especializados ou estações experimentais devidamente aparelhadas, e mais comum que utilizem métodos que estimem a ETo. SEDIYAMA (1987) comenta que existe aproximadamente 50 métodos de cálculo que são utilizados para estimativa de ETo. Neste estudo foi utilizado o método proposto CAMARGO (1971), por apresentar boa estimativa em regiões úmidas, e também por fazer uso apenas da temperatura do ar.

Sendo assim, justifica-se estudar a precipitação da região Oeste, para que sejam identificados comportamentos extremos e aspectos sazonais do fenômeno, que podem condicionar a prática de algumas atividades agrícolas e econômicas, para que sejam aproveitados ao máximo os recursos hídricos disponíveis na região, uma vez que a água tem sido e será cada vez mais um motivo de extensa preocupação da humanidade. Neste contexto, o objetivo desse trabalho foi de comparar as modelo probabilísticos de estimativas de Evapotranspiração de Referência (ETo), calculados através do modelo de Camargo e determinar o Índice de Disponibilidade de Umidade para a região Oeste do Paraná.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Comparar os modelos de estimativa de Evapotranspiração de Referência (ET<sub>o</sub>) Gama, Lognormal, e o modelo de Distribuição Generalizada de Valores Extremos, calculado através do modelo de CAMARGO (1971), na região Oeste do Paraná e determinar o Índice de Disponibilidade de Umidade – IDU para a mesma região.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- analisar os resultados da ET<sub>o</sub> a 75% de probabilidade de ocorrência na região estudada;
- avaliar qual é o melhor modelo probabilístico que ajuste os dados da ET<sub>o</sub>;
- Identificar as diferenças entre resultados dos modelos probabilísticos avaliados;
- Verificar o comportamento do IDU na região;

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Características da região**

A região Oeste do Paraná se consolidou economicamente nos anos setenta. Com a introdução da cultura da soja, do trigo e da intensificação das exportações dos seus produtos, a Região iniciou um processo de diversificação da sua estrutura produtiva, voltando-se cada vez mais para a produção bens de consumo final. A partir daí, sua economia passou a se articular num padrão de concorrência nacional e internacional. O desenvolvimento econômico foi rápido, dinâmico, com alta produtividade e em bases mais modernas, se comparado à outras regiões do Estado e do País.

CORTES (2004) afirma que as mudanças nos parâmetros (características da vegetação) e variáveis climáticas da superfície (tipo de cobertura, umidade do solo) alteram os fluxos de água e energia para a atmosfera. O desmatamento da floresta amazônica pode reduzir a quantidade de chuvas não só na Amazônia, mas em outras regiões do País, pois os ventos Atlânticos que sopram do nordeste, arrastam as nuvens em direção a Cordilheira dos Andes e seguem em volta ao Sul e Sudeste, onde ocorre a precipitação. A região Oeste e regiões vizinhas são em potencial afetadas por esses fenômenos.

### **2.2 Precipitação**

O comportamento e ou regime hidrológico de uma região é determinado por suas características físicas, geológicas, topográficas e por seu clima, sendo a precipitação notadamente a principal componente de entrada no balanço hidrológico de um local e a evaporação a responsável direta pelo retorno da água à atmosfera e conseqüentemente pela redução do escoamento superficial. Outros

elementos climáticos importantes são a temperatura, umidade do ar e o vento, principalmente pela influência que exercem sobre a precipitação e a evaporação.

A precipitação é entendida em hidrologia segundo BERTONI & TUCCI (1993), como sendo toda a água na forma líquida ou sólida que cai em direção à superfície terrestre proveniente do meio atmosférico, sendo suas formas mais comuns a pluvial (chuva), granizo e neve. Constitui-se como principal mecanismo natural de restabelecimento dos recursos hídricos sob a superfície terrestre (TUBELIS & NASCIMENTO, 1987).

O comportamento da distribuição da precipitação é um processo aleatório, segundo LANNA (1993), a previsão determinística deste processo somente pode ser realizado com antecedência de poucos dias. As previsões a médio e em longo prazo são limitadas quanto à quantidade e ao tempo de ocorrência. Sua previsão, na maioria dos problemas, é realizada com base na estatística de eventos passados.

Na prática, o conhecimento estatístico das precipitações apresenta interesse de ordem técnica no planejamento e gerenciamento de projetos, relacionados ao aproveitamento dos recursos hídricos e nas atividades agrícolas.

O estudo da distribuição dos valores registrados de precipitação, a partir de séries históricas disponíveis, oferece excelente subsídio para análise e seleção de valores. Nos modelos de decisão relacionados à disponibilidade de recursos hídricos em agroecossistemas, o conhecimento da probabilidade de ocorrência de valores de precipitação para um intervalo de tempo, garante maior confiabilidade aos resultados (OLIVEIRA et al., 1997).

PERON & CASTRO NETO (1986), trabalhando com dados de 66 anos de precipitação, determinaram o número, proporção, frequências e períodos de retorno para veranicos na região de Lavras-MG. CASTRO NETO & SILVEIRA (1983), com a mesma série de dados, estabeleceram a precipitação provável em períodos de dez, quinze e trinta dias, baseando-se na função de distribuição de probabilidade Gama. OLIVEIRA et al. (1997) trabalhando na estimativa de probabilidade de ocorrência de precipitação para dezenove localidades do Estado de Santa Catarina optaram, também, pelo estudo da distribuição de frequência

por meio de uma metodologia que utiliza a função de densidade Gama Incompleta.

De acordo com KLAR (1984), as espécies vegetais são condicionadas, principalmente, à maior ou menor intensidade de precipitação pluvial, e à temperatura de determinada região, tornando sua distribuição direta e fortemente relacionada à disponibilidade de água.

VILLELA & MATTOS (1975) relatam que o conhecimento das características das precipitações pluviais tem grande interesse de ordem técnica por sua aplicação em projetos de vertedores de barragens, no dimensionamento de canais, determinação de galerias de águas pluviais, cálculo de bueiros, projetos de irrigação e drenagem e abastecimento de água.

Sendo a chuva um processo aleatório, onde a quantidade, distribuição e formas de ocorrência podem variar amplamente, torna-se importante e necessário o estudo de um tempo mínimo de dados de precipitação pluviométrica que venha refletir o comportamento de uma região (CASTRO, 1994). FRANCISCO (1991), considera que uma série de dados, para expressar significativamente o processo que ocorre em uma dada região, abrange um período mínimo de 30 a 40 anos.

Em relação à chuva, talvez o aspecto mais importante para a agricultura em geral, além da sua quantidade e variabilidade, seja a sua frequência, isto é, o número de dias, dentro de um mês ou estação, no qual ocorra esse evento (ASSIS, 1991). Sob o ponto de vista estatístico, as precipitações pluviométricas não são distribuídas em torno da precipitação média, mas sim, de maneira irregular, com grande desvio em relação à mesma (BARGER & THOM, 1949 e KREPPER, et al. 1989). Esse fato tem motivado os estudos probabilísticos, que procuram estimar o comportamento da precipitação pluviométrica para diferentes intervalos de tempo.

Tanto do ponto de vista da sua ocorrência quanto da sua quantidade, os dados de chuva podem ser analisados obtendo-se as frequências observadas, nos registros históricos ou através da elaboração de um modelo teórico. Existe a possibilidade de modelar-se a ocorrência de chuva através de uma função de distribuição de probabilidade discreta (ASSIS, 1991).

O comportamento de variáveis climáticas que não são limitadas superior e inferiormente podem ser bem representados através da distribuição Normal. Como as precipitações pluviométricas em determinados períodos podem ser limitados inferiormente pelo valor zero, vários estudos mostram que a distribuição Gama Incompleta, geralmente chamada distribuição Gama, representa adequadamente o seu comportamento (CASTRO 1994).

FRIEDMAN & JANES citados por CASTRO (1994), estudando a estimativa de probabilidade de precipitação pluviométrica, através da distribuição gama, obtiveram as mesmas conclusões de THOM (1958). Em relação ao tamanho da amostra, afirmam que são necessários no mínimo dados de 30 anos de precipitação para haver representatividade. Baseados em trinta anos de observação, MILLER & WEAVER (1968), determinaram a probabilidade de precipitação pluviométrica anual e mensal para dez regiões climáticas de Ohio, através da distribuição gama, e concluíram que esta representa bem os dados de precipitação. A distribuição gama pode ser considerada como uma das mais apropriadas para a interpretação de dados de chuva (THOM, 1958, VIVALDI, 1973, ARRUDA & PINTO, 1980, ASSIS, 1991, CASTRO, 1994 E CUNHA, 1996).

VIVALDI (1973), estudando os dados pluviométricos de Itaguaí-RJ, utilizou a distribuição gama e fez uma análise das estimativas dos seus parâmetros, concluindo que o modelo mostrou-se eficiente, independentemente do tamanho do período considerado (1 a 25 dias).

SILVA et al. (2002), analisaram as séries históricas de precipitação pluvial de 19 estações pluviográficas com séries históricas de 10 a 24 anos de observações, localizadas no Estado da Bahia, objetivando-se ajustar modelos teóricos de probabilidade aos dados de chuvas intensas e estabelecer a relação entre intensidade x duração x frequência da precipitação pluvial para as estações. A análise dos resultados obtidos permitiu verificar que os modelos de Gumbel e Log-Normal de dois parâmetros foram os que melhores ajustaram às séries, sendo que o modelo de Gumbel apresentou melhor comportamento para a maior parte das combinações.

## 2.3 Evapotranspiração

Numa superfície vegetada ocorrem simultaneamente os processos de evaporação e de transpiração. Evapotranspiração é o termo que foi utilizado por Thornthwaite, no início da década de 40, para expressar essa ocorrência simultânea. Anteriormente, utilizava-se o termo *uso consuntivo* (JENSEN, 1973), mas esse considera a água retida na planta. A Evapotranspiração é controlada pela disponibilidade de energia e pelo suprimento de água do solo às plantas. A disponibilidade de energia depende da localidade e da época do ano. O local é caracterizado pelas coordenadas geográficas (latitude e longitude) e pela topografia da região. A latitude determina o total diário de radiação solar potencialmente passivo de ser utilizado no processo evaporativo. Num terreno plano, o total diário de radiação solar é modulado pela época do ano, que determina o ângulo de incidência dos raios solares. Numa topografia acidentada, dependendo da estação do ano, terrenos com faces distintas terão disponibilidades diferentes de energia. A altitude também afeta diretamente a temperatura do solo e do ar, e a pressão atmosférica, que são fatores que influenciam a evapotranspiração. Para um local a disponibilidade de radiação solar é controlada pelo poder refletor da superfície, que é expresso pelo coeficiente de reflexão (albedo). Superfícies mais claras refletem mais que aquelas mais escuras e, portanto, tem menos energia disponível. Portanto, uma vegetação mais escura, tipo floresta, reflete menos radiação solar que uma cultura ou um gramado. Logo, sob as mesmas condições climáticas, uma floresta evapotranspira mais que um gramado.

A demanda atmosférica é controlada pelo poder evaporante do ar. Quanto mais seco estiver o ar, maior será a demanda atmosférica. No entanto existe interrelação entre a demanda pelo ar e o suprimento de água no solo. Resultados experimentais de DENMEAD & SHAW (1962) mostraram que o solo é um reservatório ativo que, dentro de certos limites, controla a taxa de perda d'água pelas plantas.

**Evapotranspiração Potencial:** o conceito de **evapotranspiração potencial (EP)** foi introduzido por Thornthwaite e aperfeiçoado em diversas oportunidades. Corresponde a água utilizada por uma extensa superfície vegetada, em crescimento ativo e cobrindo totalmente o terreno, estando bem suprido de umidade, ou seja em nenhum instante a demanda atmosférica é restrita por ser baixa e de altura uniforme. A grama foi prontamente tomada como padrão pois esta é a cobertura utilizada nos postos meteorológicos. Assim a EP é um elemento climatológico fundamental, que corresponde ao processo oposto da chuva (THORNTHWAITE, 1946) sendo expressa na mesma unidade de medida (mm). A comparação entre chuva e a EP resulta no balanço hidrológico, indicando excessos e deficiências de umidade ao longo do ano ou da estação de crescimento das culturas.

**Evapotranspiração de Referência (ET<sub>o</sub>):** foi utilizado por JENSEN et al. (1971) e definido como o limite superior ou a evapotranspiração máxima que ocorre numa cultura de alfafa (*Medicago sativa* L.) com altura de 0,3 a 0,5m, numa dada condição climática, e com aproximadamente 100 m de área tampão JENSEN (1973). Pelo porte da planta a alfafa seria a mais representativa das condições aerodinâmicas (rugosidade) de outras culturas do que a grama que é de porte rasteiro.

Segundo DOORENBOS & PRUIT (1977), evapotranspiração de referência é aquela de uma extensa superfície de grama com altura de 0,08 a 0,15m, em crescimento ativo, cobrindo totalmente o solo e sem deficiência de água. A ET<sub>o</sub> assim definida coincide com a potencial. O valor obtido com alfafa pode diferir daquele obtido com grama em funções do albedo e da rugosidade das duas superfícies, se as áreas cultivadas forem suficientemente extensas.

SMITH (1991) define a ET<sub>o</sub> como sendo aquela de uma cultura hipotética, com altura fixa de 0,12m, albedo igual a 0,23, e resistência da cobertura ao transporte de vapor d'água igual a 69 s.m<sup>-1</sup>, que representaria a evapotranspiração de um gramado verde, de altura uniforme, em crescimento ativo, cobrindo totalmente a superfície do solo, sem falta de água.

**Evapotranspiração real (ER):** é aquela que ocorre numa superfície vegetada, independente de sua área, seu porte e das condições de umidade do solo. Portanto, ER é aquela que ocorre em qualquer circunstância, sem imposição de qualquer condição de contorno. A ER pode ser limitada tanto pela disponibilidade de radiação solar como pelo suprimento de umidade pelo solo. A ER é igual ou menor que a EP.

Informações confiáveis sobre evapotranspiração real são escassas e de difícil obtenção, pois demandam um longo tempo de observação e custam muito caro. Já a evapotranspiração potencial, pode ser obtida a partir de modelos baseados em leis físicas e relações empíricas de forma rápida e suficientemente precisas. Várias teorias, relacionam a ER e EP em função da disponibilidade de água no solo. Apesar destas tentativas não existe, ainda hoje, nenhuma teoria que seja aceita universalmente. Sendo um processo complexo e extremamente dinâmico, que envolve organismos vivos como o solo e a planta é muito difícil estabelecer um valor exato de evapotranspiração real.

Entretanto, a conjugação de inúmeras informações associadas ao conceito de EP, nos permite estimativas suficientemente confiáveis para a grande maioria dos nossos objetivos.

As diferenças entre a evapotranspiração real e potencial diminuem sempre que os intervalos de tempo utilizados para o cálculo da segunda são ampliados (um mês ou mais).

De acordo com OMETTO (1981); TUCCI e BELTRAME (2001) a evapotranspiração vem a ser o fenômeno associado à perda conjunta de água do solo pela evaporação e da planta pela transpiração.

SAMPAIO et al. (2000) afirmam que qualquer fator que afete a infiltração, o escoamento superficial ou a evapotranspiração, tem influência no valor da precipitação efetiva.

A evapotranspiração foi utilizada por MALUF (1999) para atualizar a classificação climática do Rio Grande do Sul, em sua pesquisa ele ainda cita que vários autores e entre eles Thornthwaite, utilizaram-se de métodos empíricos na determinação da evapotranspiração potencial com a finalidade de construir a

distribuição fitoclimática na América do Norte e no mundo, mas THORNTHWAITE (1948) preferiu determinar os limites climáticos racionais, partindo de uma comparação entre evapotranspiração potencial e a precipitação pluvial. O pesquisador, em seu trabalho, entre outros fatores usou o balanço hídrico e, portanto, a evapotranspiração. MALUF (1999), além de classificar o clima como pretendia, ainda apresentou a época de deficiências hídricas.

Numa superfície vegetada ocorrem simultaneamente os processos de evaporação e de transpiração. Evapotranspiração é o termo que foi utilizado por Thornthwaite no início da década dos 40, para expressar essa ocorrência simultânea. Anteriormente utilizava-se o termo uso consultivo (GOMES, 1998), mas que considera a água retida na planta.

A organização das Nações Unidas, por intermédio da FAO, estabeleceu o conceito de evapotranspiração da cultura de referência (Eto) em publicação mundialmente conhecida como **Guidelines for Crop Water Requirements** de autoria de DOOREMBUS e PRUITT (1984).

Esse conceito tem sido adotado para evitar conflitos entre definições existentes para evapotranspiração potencial. Com base, principalmente no boletim FAO-24, a partir dos anos oitenta, a terminologia evapotranspiração de referência (ETo) é preferida a evapotranspiração potencial. Uma descrição completa dos métodos para padronização dos cálculos da ETo (padrão grama) é apresentada por ALLEN et al. (1998).

Segundo ALLEN et al. (1998), novos conceitos e terminologias foram adotados para evapotranspiração (Boletim FAO-56). A evapotranspiração de referência (ETo) também denominada de potencial é a taxa de evapotranspiração que ocorre de uma superfície de referência (padrão), cujas características são: extensa superfície vegetada com grama, com altura entre 8 a 15cm, em crescimento ativo (Índice de área foliar = 2,88), cobrindo totalmente a superfície do solo e bem suprida de água. Nessas condições, ETo é uma variável dependente exclusivamente das condições meteorológicas, o que a torna também um elemento meteorológico, expressando, desse modo, o potencial de evapotranspiração de um local, em cada época do ano, sem levar em

consideração fatores do solo e da planta. Isso possibilita a comparação entre distintas regiões ou em diferentes períodos.

Os fatores determinantes da evapotranspiração são classificados em três categorias segundo ROSENBERG et al. (1983) e PEREIRA et al. (1997): Fatores climáticos: saldo de radiação, temperatura do ar, umidade relativa e vento; Fatores da Planta: espécie, coeficiente de reflexão (albedo), área foliar, altura da planta, profundidade do sistema radicular; Fatores de manejo e do solo: espaçamento/densidade de plantio, tipo de solo, disponibilidade de água no solo, plantio direto, impedimentos físicos/químicos.

Devido à dificuldade para se obter medidas precisas de ETo rotineiramente, o mais comum é a sua estimativa a partir dos elementos meteorológicos. Um grande número de métodos empíricos e semi-empíricos, para estimativa da evapotranspiração de referência, foi desenvolvido desde a década de quarenta, segundo SENTELHAS (2001), quando THORNTHWAITE (1948), nos Estados Unidos, e PENMAN (1948), na Inglaterra, propuseram métodos desenvolvidos exclusivamente para estimar ETo. Muitos desses métodos, no entanto, são de aplicação restrita, sendo válidos somente para condições climáticas específicas. Outros, porém, por apresentarem uma base física mais sólida, são universais, integrando todos os elementos que condicionam o processo de evapotranspiração. Apesar da maior confiabilidade desses últimos, nem sempre é possível o seu emprego, o que irá depender da disponibilidade de dados meteorológicos no local de interesse.

A evapotranspiração de referência (ETo) pode ser medida ou estimada e inúmeros são os métodos propostos para se quantificar o seu valor. As medidas são obtidas com equipamentos instalados em condições de campo e as estimativas geralmente empregam o uso de modelos teóricos que consideram elementos do clima, solo e da planta.

As medidas da evapotranspiração diretamente no campo, geralmente utilizando-se de lisímetros e evapotranspirômetros, constituem tarefa onerosa e trabalhosa. Tais medidas mostram-se aplicáveis apenas em postos meteorológicos especializados ou estações experimentais devidamente

aparelhadas. Essas medidas destinam-se a calibrar e desenvolver métodos de estimativa da ETo ou determinar o consumo de água por uma cultura qualquer nas distintas fases de seu desenvolvimento (CAMARGO, 1966; OMETTO, 1981).

SCHNEIDER (2003) avaliou os métodos de evapotranspiração de Thornthwaite, Camargo e Hargreaves-Samani, para a região de Cascavel – PR. Os métodos foram selecionados em função das informações meteorológicas obtidas, uma vez que a série estudada não apresentava dados de velocidade de vento, exigida em alguns métodos, portanto a escolha em primeiro lugar feita pelas condições de cálculos e ainda os dois primeiros métodos citados foram selecionadas em função de suas adaptabilidades ao clima úmido. Segundo a autora o método de Hargreaves-Samani resultou em valores mais elevados que os outros dois, confirmando a falta de adequação para climas úmidos.

DOORENBOS & PRUITT (1977) relacionaram 31 fórmulas de estimativa da ETo, bem como as respectivas variáveis necessárias a sua utilização. SEDIYAMA (1987) comenta a existência de aproximadamente 50 métodos de cálculo da ETo e descreve 10 dos principais métodos mais utilizados na época. VILLA NOVA & REICHARDT (1989) relacionaram vários métodos de medida e estimativa da ETo que seriam mais usuais ou teriam maior aplicação às condições brasileiras de solo e clima. PEREIRA et al. (1997) comenta que a bibliografia sobre evapotranspiração é riquíssima e cita a referência de doze trabalhos que dispõem de vasta revisão bibliográfica sobre o tema. Os mesmos autores descrevem e exemplificam a utilização de 17 métodos de estimativa da ETo, distribuídos dentro das categorias empírico, aerodinâmico, balanço de energia, combinados e correlação dos turbilhões.

CASTRO NETO & SOARES (1989) avaliando o desempenho de 23 métodos de estimativa da ETo em relação às medidas em um lisímetro de drenagem em Lavras, verificaram que o resultado dos métodos variou bastante ao longo dos anos. Os métodos de Penman e Makkink proporcionaram as melhores estimativas para o período seco, enquanto que os métodos de Ostromecki e Thornthwaite estimaram melhores as medidas do período chuvoso. SOUZA et al.

(1994), estudando o efeito da energia advectiva na estimativa da evapotranspiração de referência para a mesma região concluiu também que o método de Thornthwaite, entre os meses de janeiro e maio, mostrou-se como o mais indicado para estimar a ETo da região. Os métodos de Penman e Tanque classe A, também apresentaram-se estreitamente correlacionados com os valores da ETo medida.

O método de Thornthwaite tem sido bastante criticado por utilizar apenas a temperatura do ar como variável independente. PEREIRA et al. (1997) comenta que a crítica é injusta, pois inúmeros outros métodos utilizam apenas a temperatura como condicionante da ETo.

Buscando-se nos resultados de um grande número de estudos, o método de Penman-Monteith, vem sendo considerado como um dos principais métodos para realização da estimativa da evapotranspiração de referência (ETo) e conseqüente determinação dos coeficientes de cultivo (SMITH, 1991). As boas estimativas alcançadas com o método de Penman-Monteith em comparação as medidas de ETo em lisímetros, aliado ao fato de que ele apresenta bases físicas, e utiliza parâmetros fisiológicos e aerodinâmicos, são os motivos que generalizam a sua utilização nos trabalhos de pesquisa envolvendo o sistema solo-planta-atmosfera.

Mediante a apreciação de inúmeros trabalhos que foram consultados, muitos deles inclusive não se encontram citados nessa revisão, é interessante observar o número de vezes em que os métodos de Thornthwaite, Tanque Classe A, Penman e Penman-Monteith foram utilizados. Os métodos de Thornthwaite e classe A são utilizados com freqüência devido à simplicidade e rapidez nos cálculos, no entanto, a precisão e exatidão das suas estimativas dependem muito do local e da época do ano em que foram realizados os trabalhos. Os métodos de Penman e Penman-Monteith são utilizados por serem mais consistentes e terem condições de estimar melhor a ETo na escala diária. No entanto, o grande número de informações climáticas necessárias mostra-se como o grande problema para o emprego generalizado dos mesmos, já que em algumas regiões brasileiras não é possível encontrar nem dados de temperatura.

Alguns modelos para dimensionamento de sistemas de irrigação consideram o nível de probabilidade de ocorrência da evapotranspiração. JENSEN (1974) apresentou um modelo de dimensionamento de sistemas que considera a probabilidade de ocorrência de evapotranspiração e precipitação pluviométrica.

O valor esperado de evapotranspiração que servirá de base para o dimensionamento do sistema de irrigação depende da duração do período de máxima exigência hídrica pela cultura e do nível de probabilidade desejado para as condições específicas do projeto (PRUITT et al., 1972).

O critério de escolha do nível de probabilidade deve basear-se em uma análise econômica, considerando-se os prejuízos associados à redução da quantidade e da qualidade da produção, decorrentes da deficiência hídrica, e o aumento de custos do sistema para satisfazer níveis mais elevados de probabilidade. Geralmente, níveis mais elevados de probabilidade (80 a 90%) são selecionados para culturas de grande valor econômico. E condições reduzidas de água disponível no solo (PRUITT et al., 1972; JENSEN, 1974). DOORENBOS & PRUITT (1977) consideraram que a maioria das regiões irrigadas os níveis de probabilidades estejam entre 75 e 80%. De acordo com SAAD & SCALOPPI (1988) nas condições de irrigação suplementar dificilmente se justifica, economicamente, adotar níveis superiores a 90%, sendo normalmente utilizados níveis que variam entre 50 a 75%.

Segundo SILVA et al., (1998), avaliaram a freqüência e a distribuição dos dados de evapotranspiração de referencia na região de Cruz das Almas, Bahia onde ajustaram aos modelos probabilísticos Normal, Lognormal e Beta, concluíram que as distribuições de evapotranspiração de referencia (ET<sub>o</sub>) acumulada ajustam-se aos modelos de distribuição Normal, Lognormal e Beta. A evapotranspiração diária apresenta tendências de redução com aumento do período acumulado.

Segundo MOURA et al. (1999), avaliaram a distribuição de freqüência probabilística da evapotranspiração de referência, ajustada ao modelo de Gumbel, em períodos diários e acumulados de 2, 3, 4, 5, 6 e 7 dias de

evapotranspiração de referência, utilizando uma série histórica de 27 anos de dados meteorológicos para o município de Mossoró – RN, e verificou a probabilidade de máximas evapotranspirações futuras aplicando o teste de Kolmogorov-Smirnov. Os resultados foram que a distribuição de frequência pelo modelo de Gumbel demonstrou um bom ajuste aos dados de evapotranspiração de referência pelos métodos do Tanque Classe “A” e Pennan-Monteith para períodos diários e acumulados de 2 a 7 dias, permitindo a seleção de valores mais representativos de ETo para diferentes níveis de probabilidade de ocorrências, para fins de dimensionamento de sistema de irrigação.

BASTOS et al. (1994) realizaram um trabalho de distribuição de frequência na região de Terezinha – PI, contemplando uma série histórica de 15 anos, utilizando valores máximos anuais de evapotranspiração potencial ajustados ao modelo de Gumbel em períodos diários e acumulados de 2, 3, 4, 5, 6 e 7 dias. As análises foram feitas através do teste de Kolmogorov-Smirnov, e os resultados obtidos permitem uma seleção de valores mais representativos de evapotranspiração potencial em diferentes níveis de probabilidade de ocorrências, contribuindo para o dimensionamento criterioso de sistemas de irrigação naquela região.

A distribuição de Gumbel é conhecida como a distribuição de eventos extremos ou de Fischer-Tippett, que se difere da Normal por apresentar uma curva de distribuição assimétrica e sua aplicação é indispensável que se tenha uma série anual, a qual se aplicará para determinar a probabilidade de um dado evento extremo seja igualado ou superado no futuro. (CRUCIANI, 1980).

O modelo de Camargo foi escolhido para calcular a ETo, porque esse método apresentou bons resultados para as regiões úmidas, por fazer uso apenas da temperatura do ar e pelo modelo apresentar comportamento estatístico semelhante ao modelo de Thornthwaite, para a região de Cascavel estudado por SCHNEIDER (2003).

## 2.4 Distribuição Gama de probabilidade

O ajuste dos dados das séries históricas a um modelo teórico, como por exemplo, a distribuição gama de probabilidades, possibilita a extrapolação do referido modelo como se representasse uma população e não mais uma amostra somente.

Ao se admitir que uma distribuição de valores de uma certa variável de interesse na população seja descrita por um determinado modelo de distribuição probabilidade, deve-se verificar a aderência dos dados da amostra ao modelo. Caso se obtenha uma boa aderência, pode-se admitir que a população seja representada pelo modelo, caso contrário, a hipótese deve ser rejeitada ao nível de significância pré-determinado (GOMIDE, 1976).

A distribuição de probabilidade Gama aplica-se a uma variável aleatória contínua  $X$ , que assume valores não negativos, se sua função densidade de probabilidade  $f(X)$ , é dada por:

$$f(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \cdot X^{\alpha-1} \cdot e^{-x/\beta} \quad (1)$$

$\beta > 0$ ,  $\alpha > 0$ ,  $0 \leq X < \infty$  e  $f(X) = 0$  para  $X < 0$ ; em que  $\beta$  é o parâmetro de escala (dependente da variabilidade da Evapotranspiração no período);  $\alpha$  é o parâmetro de forma (seu valor é proporcional à Evapotranspiração no período);  $e$  é a base do logaritmo neperiano e  $\Gamma$  é o símbolo da função gama, definida como:

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} e^{-x} \cdot x^{\alpha-1} dx \quad (2)$$

CASTRO (1994) afirma que o comportamento das variáveis climáticas que não são limitadas superior e inferiormente pode ser bem representado através da distribuição normal. Como as precipitações pluviométricas em determinados períodos podem ser limitadas inferiormente pelo valor zero, vários estudos

mostram que a distribuição Gama incompleta, geralmente chamada distribuição Gama representa adequadamente o seu comportamento.

Segundo BAÚ (2004) estudou o ajuste do modelo probabilístico teórico de Gama para 90 estações de precipitações mensais da mesoregião Oeste do Paraná e concluiu que a distribuição Gama associado ao nível de 75% de ocorrência de probabilidade de ocorrência mostrou ser adequada para representar series mensais de precipitação.

## 2.5 Distribuição Lognormal de probabilidade

Este tipo de distribuição é muito utilizado em caso das vazões médias diárias em uma bacia. A vazão de determinado dia seria composta por uma fração do valor anterior, como consequência da persistência promovida pelo armazenamento no aquífero e na bacia. Uma outra parte seria originada de um efeito externo, chuva por exemplo, que multiplicaria o mesmo valor anterior, de forma que a resultante fosse tanto maior quanto maior fosse a vazão anterior, e por isso o estado de umidade da bacia. Esse modelo, embora simplificado, poderá apresentar resultados aproximados.

A equação-base para o estudo hidrológico utilizando-se a distribuição Lognormal:

$$K_{TR} = \bar{X} \cdot S^{K_{TR}} \quad (3)$$

sendo:  $\bar{X}$  é o antilogaritmo da média aritmética dos logaritmos da Eto; S é o antilogaritmo do desvio padrão dos logaritmos das Eto e  $K_{TR}$  é a variável padrão da distribuição normal.

## 2.6 Distribuição Generalizada Valores Extremos – GEV

Recentemente, a distribuição de probabilidade generalizada de valores extremos (GEV) introduzida por JENKINSON (1955), citada por QUEIROZ (2002), tem encontrado muitas aplicações em hidrologia, com crescente aceitação para descrição de eventos máximos naturais, principalmente dados de cheias e chuvas máximas anuais. Decorrente da consideração teoria que a distribuição de valores extremos de uma amostra converge assintoticamente para uma das três formas de valores máximos reunidas através da GEV, independente de sua distribuição subjacente (WANG, 1997; QUEIROZ, 2002).

TUCCI (2002) cita que as distribuições de extremos são de grande interesse prático em hidrologia, já que freqüentemente ajustam adequadamente valores de máximos e mínimos. Alcançando-se os valores extremos, a distribuição aproxima-se de uma forma limite, isso é assintótica.

LÓPES BAUTISTA (2002), utilizou a distribuição generalizada de extremos aos dados de velocidade máxima mensal de ventos na cidade de Piracicaba, utilizando para a estimação dos parâmetros o modelo de máxima verossimilhança. Observou que a distribuição de Gumbel (tipo VEI), demonstrou ser a mais adequada para modelar os dados de velocidade máxima de vento em todos os meses do ano.

SILVA (2003), utilizou a distribuição generalizada de extremos para analisar vazões médias mínimas e máximas num dos córregos da fazenda experimental da Universidade de Brasília, sendo que a distribuição de Gumbel, no caso de máximos adaptou-se muito bem.

Segundo RAYNAL (1997) citado por LÓPES BATISTA (2002), um problema que surge na prática, é o da escolha da distribuição de valores extremos mais adequada para uma amostra de dados. Como alternativa LÓPES BATISTA (2002), QUEIROZ (2002), sugerem a distribuição generalizada de extremos, desenvolvida por JENKINSON (1955), que pode ser considerada uma família de distribuições, que inclui os três tipos de distribuição assintóticas de valores extremos como casos particulares.

A função de distribuição GEV, engloba as três formas assintóticas de distribuição de valores extremos conhecida como valor extremo tipo I (VEI), valor extremo do tipo II (VEII) e valor extremo do tipo III (VEIII) classificado por Gumbel, (1958), é definida , segundo JENKINSON (1955), como segue:

$$F(x) = P(X \leq x) = \exp \left[ - \left( 1 - k \frac{x - u}{\alpha} \right)^{\frac{1}{k}} \right], \quad k \neq 0 \quad (4a)$$

$$F(x) = P(X \leq x) = \exp \left[ - \exp \left( - \frac{x - u}{\alpha} \right) \right], \quad k = 0 \quad (4b)$$

sendo:

$$-\infty < x < +\infty, \quad k = 0 \quad - \text{distribuição VEI}$$

$$\varepsilon \leq x < +\infty, \quad k < 0 \quad - \text{distribuição VEII}$$

$$-\infty < x \leq \omega, \quad k > 0 \quad - \text{distribuição VEIII}$$

onde  $u$  é um parâmetro de posicionamento com  $-\infty < u < +\infty$ ,  $\alpha$  é um parâmetro de escala com  $0 < \alpha < +\infty$  e  $k$  é um parâmetro de forma com  $-\infty < k < +\infty$ . Assim quando  $k > 0$  o limite superior da distribuição assintótica VEIII torna-se  $\omega = u + \alpha / k$  e quando  $k < 0$  o limite inferior da distribuição assintótica VEII torna-se  $\varepsilon = u + \alpha / k$ .

Na prática, quando o parâmetro  $k$  encontra entre o intervalo de  $-0,03$  a  $0,03$ ; a forma geral de distribuição GEV é similar a distribuição de Gumbel. STEDINGER et al., (1993), citado por QUEIROZ (2002).

O  $p$ -ésimo quantil da distribuição GEV e dado tomando a forma inversa da equações (5a) e (5b) as quais resultam nas seguintes relações:

$$x_p = u + \frac{\alpha}{k} \left[ 1 - (-\ln(p))^k \right], \quad k \neq 0, \quad 0 < p < 1 \quad (5a)$$

$$x_p = u - \alpha \ln[-\ln(p)], \quad k = 0, \quad 0 < p < 1 \quad (5b)$$

A variável  $z$  definida pela relação abaixo corresponde a variável reduzida de Gumbel:

$$z = \frac{x - u}{\alpha}$$

(6)

Substituindo  $z$  em (5b), obtemos:

$$F(x) = \exp[-\exp(-z)] \quad (\text{distribuição de Gumbel}) \quad (7)$$

Logo,

$$z = -\ln[-\ln(F(x))] \quad (8)$$

Onde, neste caso, a variável reduzida de Gumbel,  $z$ , também relaciona-se com o período de retorno ( $T$ )  $T = 1/F(x)$ . Além disso, a equação (8) pode ser usada para definir  $z$  com respeito às distribuições VEI, VEII e VEIII.

## 2.7 Índice de Disponibilidade de Umidade — IDU

De acordo com HARGREAVES e MERKLEY (2000), quando os outros fatores da produção diferentes do clima são favoráveis, o desenvolvimento e crescimento da planta (cultura) são determinados pela disponibilidade de energia e de água.

O valor médio e o desvio padrão da precipitação proporcionam um Índice útil para avaliar a produção agrícola. A probabilidade de 75% de ocorrência de chuva para períodos mensais ou de 10 dias e uma indicação útil para estimar a probabilidade de que uma chuva aconteça.

Segundo HARGREAVES (1975), a chuva excessiva pode ser prejudicial para a produção da cultura e pode causar erosão do solo, interferindo com o manejo da cultura e provocando uma menor aeração do solo.

HARGREAVES e MERKLEY (2000), citado por SCHNEIDER (2003), propõem algumas classificações do clima e sua produtividade agrícola com base em um índice de disponibilidade de umidade. Esse índice expressa 0,75 de probabilidade de uma precipitação segura (P75%) dividido pela evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>).

O índice de Disponibilidade de Umidade - IDU é definido por:

$$IDU = \frac{P75}{ET_o} \quad (9)$$

Ainda afirmam os autores que este critério tem sido utilizado com êxitos para zonificar grandes regiões para a produção agrícola e para quantificar as necessidades de irrigação e drenagem. Nesse caso, um índice de disponibilidade de 1,33, ou mais, indica um período de chuvas excessivas. Um índice de 0,33, ou menos, indica que a chuva não é suficiente para a agricultura comercial, ou seja, o índice ideal para agricultura deve se manter no intervalo  $0,33 \leq IDU \leq 1,33$ .

Esse índice estudado por SCHNEIDER (2003) para a região de Cascavel e conclui que o IDU determinados em função dos métodos de evapotranspiração por Camargo, mostram a existência de excesso hídrico em 50% dos meses ao longo do ano e por Thornthwaite, na maioria dos meses. O IDU mostra déficit hídrico para o mês de agosto, pelos três métodos de evapotranspiração e nos meses de abril, julho e novembro, somente quando calculado segundo método de Hargreaves-Samani. Através do delineamento experimental realizado pela análise de variância, concluiu que os Índices de Disponibilidade de Umidade calculados por Hargreaves-Samani diferem dos Índices calculados por Thornthwaite e Camargo. O IDU decendial, apresentou déficit no mês de agosto no 3º decêndio nas estimativas de evapotranspiração pelos três métodos.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Descrição da área em estudo**

As coordenadas geográficas das estações estudadas encontram-se entre:

- latitude: 24°17'00" à 25°27'00" S
- longitude: 53°07'00" à 54°24'00" W;

Segundo a classificação climática de Köppen, cuja sistemática fundamenta-se nos registros térmicos e pluviométricos, e na sua distribuição das associações vegetais pode-se classificar a região estudada como pertencente ao tipo climático Cfa, clima sub-tropical, com temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C e do mês mais quente superior a 22°C, com verões quentes, a ocorrência de geadas é pouco frequente e tendências de concentrações de chuvas nos meses de verão e sem estação seca definida.

O clima é definido pela constância das chuvas, regularmente distribuídas ao longo de todos os meses do ano, características topo-altimétricas do relevo Paranaense e variações de temperaturas. A precipitação anual está em torno de 1500 a 1900mm. Somando-se ao afloramento do latossolo roxo, confere à Região ótimas características para as atividades agrícolas.

#### **3.2 Registros de precipitação e Temperatura**

Foram utilizados dados de Temperatura média mensal em °C, com períodos variando de 6 à 32 anos. Os dados utilizados nas séries são referentes a dados observados, sendo que uma estação apresentava apenas 6 anos de registros e outras estações 8 anos, nos quais foram também utilizados devido à carência de informações das estações meteorológicas da região estudada. Na Tabela 1 estão relacionadas às estações utilizadas sua localização geográfica o período e o número de anos de cada série.

Esses registros de temperatura foram obtidos através do IAPAR (Instituto Agrônômico do Paraná) e do SIMEPAR (Sistema Meteorológico do Paraná).

Além dos dados de Temperatura, foram também utilizados registros de séries históricas de precipitação mensal em mm, em função da existência de dados e de forma a conter, um valor mínimo superior a 20 anos de registro, uma vez que os níveis de informações disponíveis relativos à área em estudo são ainda muito escassos. No entanto conforme salienta BAYLER (1990), para um bom estudo da necessidade de irrigação de uma dada região devem ser analisados os elementos meteorológicos de um período de aproximadamente vinte anos.

**Tabela 1** Relação das estações de temperatura média mensal

Estação	Nº	Cidade	Lat. (S)	Long. (W)	Alt. (m)	Período	nº de anos
E2453004	1	Assis Chateaubriand	24°18'00"	53°31'00"	350	1999-2004	6
E2453006	2	Palotina	24°17'00"	53°50'00"	289	1973-2004	32
E2453007	3	Cascavel	24°57'00"	53°28'00"	660	1978-1998	21
E2453040	4	Nova Cantu	24°46'59'	53°07'00"	652	1977-2004	28
E2453049	5	Palotina	24°18'00"	53°55'00"	310	1998-2005	8
E2453056	6	Cascavel	24°58'00'	53°13'59"	642	1998-2005	8
E2453059	7	Toledo	24°43'59"	53°43'00"	547	1998-2005	8
E2554006	8	São Miguel do Iguaçu	25°20'45"	54°14'39"	309	1983-1996	14
E2454008	9	Santa Helena	24°46'59"	54°22'00"	650	1998-2005	8
E2554012	10	Foz do Iguaçu	25°25'59"	54°24'00"	152	1998-2005	8
E2554013	11	São Miguel do Iguaçu	25°27'00"	54°19'00"	250	1998-2005	8
E2454016	12	Guaira	24°19'00"	54°13'00"	249	1998-2005	8

Em algumas cidades foram utilizadas duas estações, como em Palotina, Cascavel e São Miguel do Iguaçu. Isso devido ao pequeno número de estações da região que possuíam dadas de temperatura.

### 3.3 Método de determinação da evapotranspiração

Através dos registros de temperatura média mensal foi calculado a ETo para cada estação, através do método de Camargo.

SCHNEIDER (2003) avaliou três métodos de evapotranspiração para a região de Cascavel – PR, dentre ele o método de Camargo. Este método foi proposto por CAMARGO (1971) sendo uma simplificação do método de Thornthwaite. Assim, apresenta as mesmas vantagens, fazendo uso apenas da temperatura do ar e desvantagem, pois não considera o poder evaporante do ar.

De acordo com SENTELHAS (2001), a ETo é obtida pela seguinte formulação:

$$ETo = 0,01 \cdot Qo \cdot T_{méd} \cdot ND \quad (10)$$

onde:

$Qo$  = é a irradiação solar extraterrestre (tabelado), expresso em mm de evaporação equivalente;

$T_{méd}$  = é a temperatura média do período considerado, em °C;

$ND$  = é o número de dias do período considerado.

### **3.4 Análise dos dados de temperatura**

Foram testados três modelos probabilísticos teóricos para o ajuste dos dados da ETo, sendo eles os modelos Gama, Lognormal e o modelo de Distribuição Generalizada de Valores Extremos (GEV).

### **3.5 Modelos probabilísticos**

Os modelos Gama e Lognormal foram associado ao nível de 75% de ocorrência, para a validação do ajuste foram utilizados testes de aderência de Kolmogorov-Smirnov (KS), com significância de 5% de probabilidade. Para consecução dos referidos testes foi elaborada uma rotina de programação

computacional utilizando o software MATLAB R12, versão 7.0. Os valores da ETo associado ao nível de 75% de probabilidade de ocorrência e a criação dos gráficos e tabelas foram realizados com o auxílio desse software.

Para a distribuição GEV as séries de ETo mensais, foram submetidas ajuste, utilizando o método dos momentos LH para estimação dos parâmetros. A qualidade de cada ajuste foi avaliada através do teste de WANG (1998).

Todo o processo de aplicação dos modelos probabilísticos, foram desenvolvidos com a utilização de rotinas em ambiente MATLAB R12, versão 7.0. A construção das séries de ETo mensais ao nível de 75% de ocorrência e a criação dos gráficos e tabelas foram realizadas com o auxílio desse software. Foram verificados os ajuste dos modelos probabilísticos se o modelo se ajustou adequadamente às estações estudadas, esses valores gerados pelo modelo foram utilizados para o cálculo do Índice de Disponibilidade de Umidade.

Segundo BOTELHO & MORAIS (1999), na literatura encontra-se algumas distribuições de frequências que podem se úteis no estudo de dados climatológicos. Dessas distribuições, uma que tem sido usada com sucesso é a distribuição de Gama.

### **3.6 Análise dos registros de precipitação**

Foram utilizadas doze estações que foram estudadas por BAÚ (2004), essas estações foram escolhidas de acordo com a localização geográfica, que foi a mais próxima das estações estudadas. Na tabela 2 estão apresentados os valores das séries mensais de precipitação provável estimadas pelo modelo de distribuição probabilística Gama ao nível de 75% probabilidade.

Os valores do  $P_{75}$  avaliados por BAÚ (2004) foram utilizados para o cálculo do Índice de Disponibilidade de Umidade neste trabalho.

**TABELA 2:** Séries mensais de precipitação ajustada à distribuição Gama de probabilidade por estação

Estação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	99,23	97,20	82,70	62,19	70,22	69,45	32,64	26,16	69,53	129,29	84,42	125,00
2	76,40	93,26	60,95	47,55	77,94	53,26	24,64	27,89	56,34	105,50	81,58	101,29
3	86,17	77,78	76,10	58,21	75,66	64,24	59,33	53,95	90,16	102,45	78,67	93,08
4	118,36	107,65	104,58	89,85	86,07	58,23	68,52	24,66	72,16	139,20	131,74	140,15
5	64,12	81,06	67,33	57,52	69,56	42,33	31,71	23,40	61,53	105,60	91,18	94,30
6	117,44	96,87	97,60	73,59	81,97	57,96	44,18	34,35	79,61	134,50	119,29	120,90
7	103,99	105,27	88,82	87,58	90,86	69,66	39,25	24,67	75,91	142,38	113,14	116,50
8	75,58	72,13	72,41	48,23	62,16	76,49	43,41	42,22	73,30	134,30	83,48	100,26
9	63,91	75,01	73,48	35,07	56,87	57,06	30,62	48,46	71,55	112,85	73,37	85,26
10	92,59	73,82	55,53	43,76	60,12	91,96	33,35	29,70	76,02	122,51	105,40	96,85
11	80,41	103,37	80,24	84,87	96,60	104,37	52,68	30,23	71,35	147,52	107,51	105,09
12	94,26	69,65	72,42	61,03	69,06	45,47	27,38	22,79	70,17	106,26	98,13	98,25

### 3.7 Determinação do Índice de Disponibilidade de Umidade – IDU

Esse índice tem por finalidade verificar a disponibilidade de umidade resultante do método de CAMARGO que após a aplicação dos modelos probabilísticos, para a ETo e o modelo de Gama para a precipitação precedeu-se o cálculo do IDU.

Segundo HARGREAVES e MERKLEY (2000), citado por SCHNEIDER (2003), o índice de Disponibilidade de Umidade - IDU é definido por:

$$IDU = \frac{P75}{ETo} \quad (11)$$

onde:

P75 = probabilidade de ocorrência de 75% da precipitação segura

ETo = Evapotranspiração de referência mensal.

Após a determinação do IDU mensal, os mesmos foram avaliados de acordo com a disponibilidade hídrica em cada estação.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

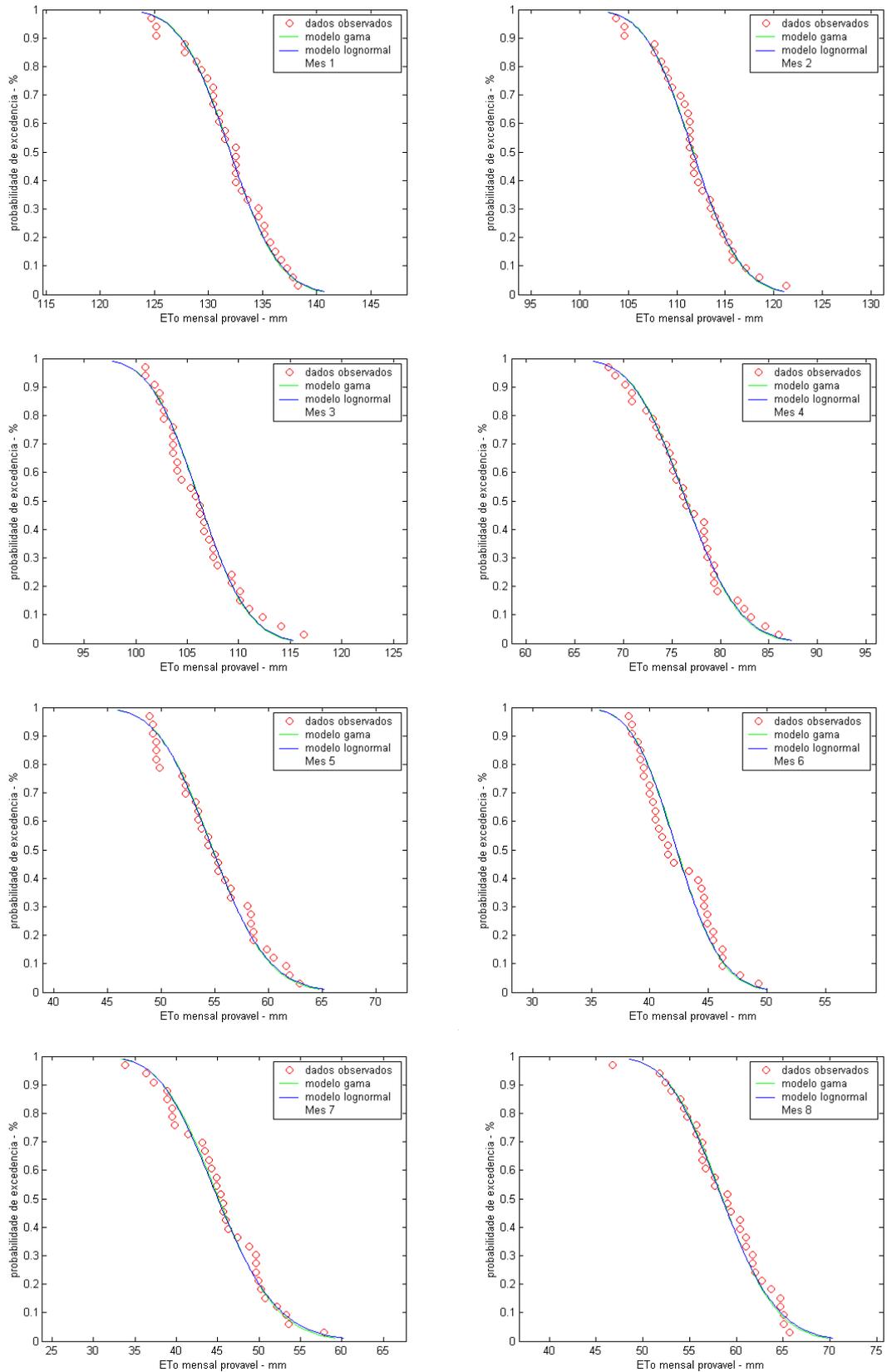
### **4.1 Ajuste dos modelos probabilísticos para ETo**

A partir das séries de Temperatura média mensal foi calculado a ETo mensal através do método de Camargo. Após o cálculo da ETo procedeu-se o ajuste do modelo probabilístico teórico pelas distribuições de Gama, Lognormal e pela distribuição GEV, por estação.

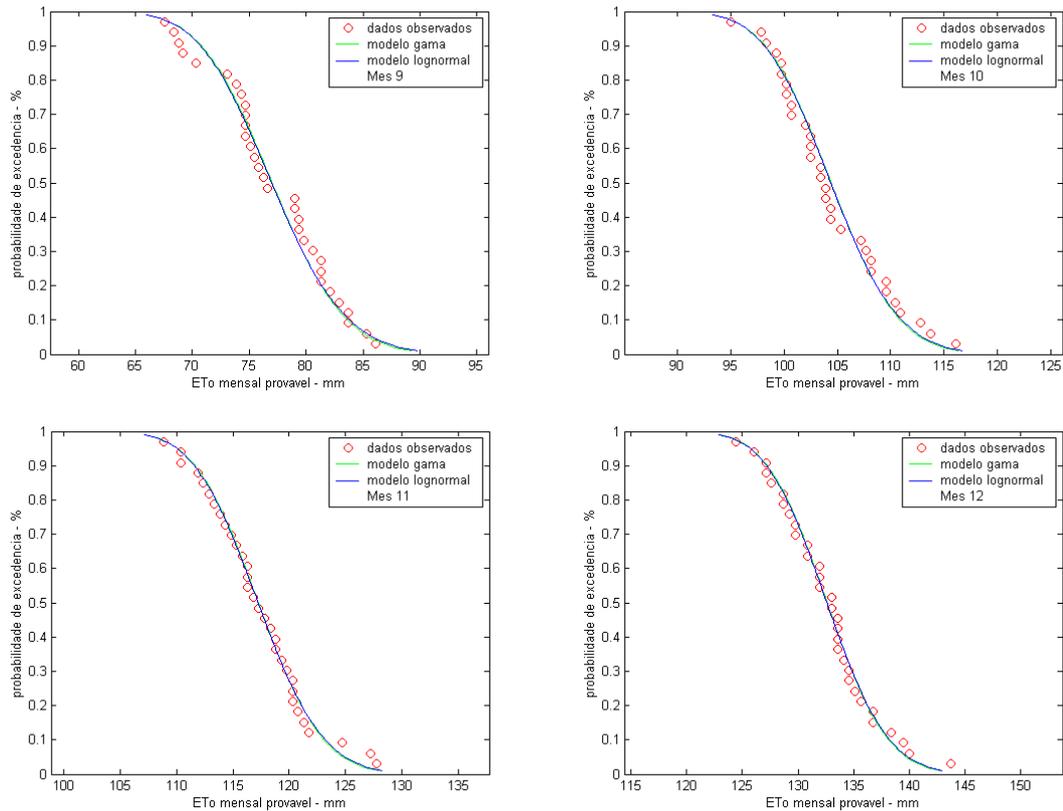
#### **4.1.1 Verificação dos ajustes dos modelos probabilísticos de Gama e Lognormal**

Nas Figuras 1 e 2, as séries mensais de ETo relativas à estação 2 representadas, como exemplo, apresentam valores relativos ao teste de KS que atenderam a hipótese  $H_0$ , isto é a hipótese de igualdade das amostras ao nível de 5% de significância, e para o restante das séries mensais de ETo estudadas estão apresentado no anexo.

Ao se admitir a hipótese de que umas distribuições de valores de uma certa variáveis de interesse na população sejam descritas por um determinado modelo de distribuição de probabilidade, deve se verificar a aderência dos dados da amostra ao modelo. Caso se tenha uma boa aderência, pode-se admitir que a população seja representada pelo modelo, caso contrário, a hipótese deve ser rejeitada para o nível de significância pré-determinado (GOMIDE, 1979).



**Figura 1** Gráfico do ajuste aos modelos probabilísticos teóricos Gama e Lognormal relativos à estação 2, referentes às séries dos os meses de janeiro, fevereiro, março, abril, maio, junho, julho e agosto.

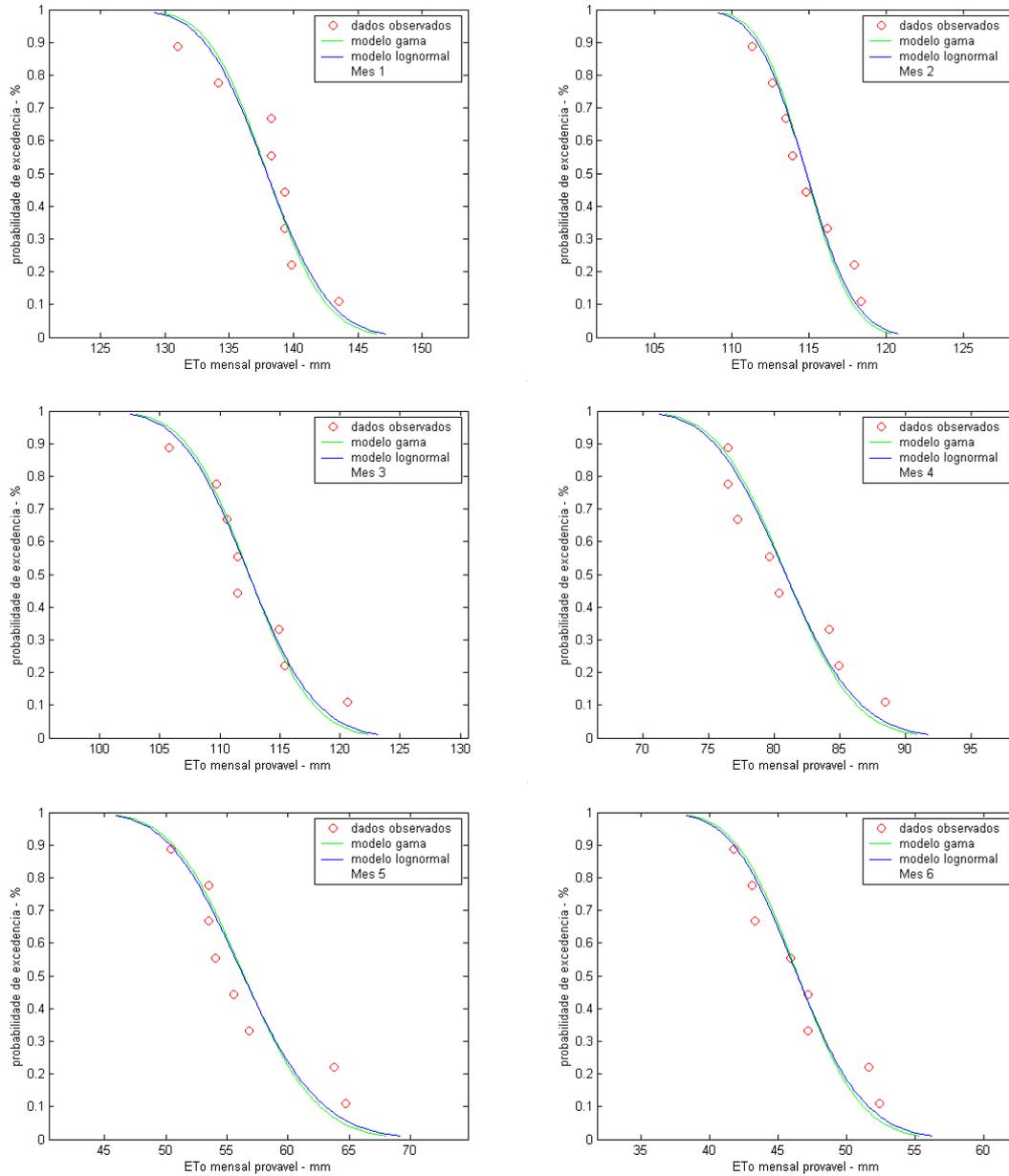


**Figura 2** Gráfico do ajuste aos modelos probabilísticos teóricos Gama e Lognormal relativos à estação 2, referentes a séries dos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro.

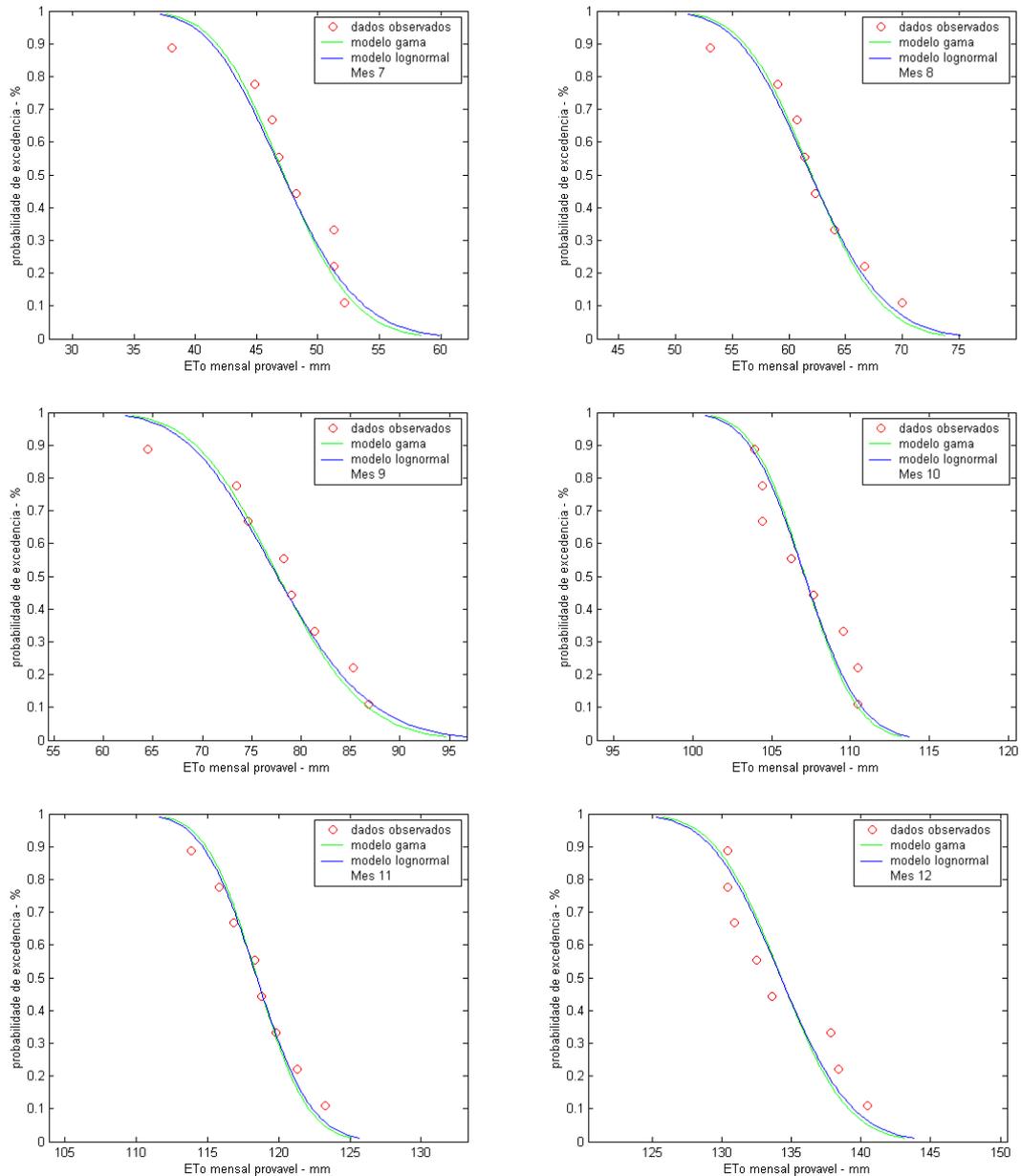
Observou-se que mesmo as séries com poucos anos de registros de temperatura, que foram utilizadas para calcular a ETo das estações, foram bem aceitas ao ajuste dos modelos probabilísticos de Gama e Lognormal. A menor série ajustada neste trabalho apresentava 6 anos de registros, e os gráficos do ajuste probabilístico dessa série encontram em anexo, assim como todos os outros utilizados. Essas séries menores foram também utilizadas porque a região Oeste do Paraná é uma região nova, carente de informações e por isso na maioria das estações da região os registros de temperaturas são recentes somente em algumas das estações é que esses registros vêm sendo coletados com períodos maiores que 20 anos.

Nas Figuras 3 e 4 são apresentados as séries de ETo, referentes à estação 10, com apenas 8 anos de registros e através delas é possível visualizar que os

dois modelos de distribuição probabilística de Gama e Lognormal tiveram comportamentos semelhantes, conforme comprovado pelo teste.



**Figura 3** Gráfico do ajuste aos modelos probabilísticos teóricos Gama e Lognormal relativos à estação 10, referentes às séries dos meses de janeiro e fevereiro



**Figura 4** Gráfico do ajuste aos modelos probabilísticos teóricos Gama e Lognormal relativos à estação 10 para os meses de novembro e dezembro.

Para todas as situações analisadas o teste de KS atendeu a hipótese  $H_0$  ao nível de 5% de significância.

Portanto a distribuição de Gama e a Lognormal apresentaram comportamentos semelhantes, e mesmo para as séries menores estudadas, ambas representaram adequadamente o ajuste das séries mensais de ETo, como comprovado pelo teste de KS.

Conforme constatado por SILVA et al (1998) ajustaram a distribuição Lognormal para a região de Cruz das Almas, BA e verificaram que o modelo é adequado para representar séries de ETo.

#### 4.1.2 Verificação do ajuste do modelo GEV

Foram avaliadas 144 séries mensais de ETo, referentes a 12 estações.

Os valores dos parâmetros k, alfa e u da distribuição GEV, bem como os valores das taxas de momentos estão apresentadas no anexo, juntamente com os resultados do teste de Wang (1998) aplicado as 12 estações de ETo analisadas.

A Tabela 3 demonstra os valores máximos e mínimos de todos os parâmetros estudados para as séries de ETo mensais.

**Tabela 3** Valores máximos e mínimos de todos os parâmetros estudados para séries de Eto mensais

Tamanho da série	Parâmetros da GEV			Taxas de Momentos			Teste de	
	k	alfa	u	cv	ca	cc	LH	Wang
32	1,7464	22,872	139,8925	0,0741	0,4963	0,4967	4	3,5211
6	-0,431	0,8538	37,6577	0,0023	-0,411	-0,875	0	0,057

k – parâmetro de forma; alfa – parâmetro de escala; u – parâmetro de posicionamento; cv – coeficiente de variação; ca – coeficiente de assimetria; cc coeficiente de curtose. Teste de Wang com nível de 5% de probabilidade ( $Z_w t(0.05) = 1.96$ ).

A Tabela 4 demonstra os valores do parâmetro de forma (k) da distribuição observada para as séries de ETo mensais.

**Tabela 4** Distribuição dos valores do parâmetro k para séries de ETo mensais

Acima de 0,5	33	22,91%
Entre -0,5 a 0,5	111	77,08%
Abaixo de -0,5	0	0,00%

Analisando os dados das Tabela 3 e 4, observou-se que os valores de k encontram-se na faixa de -0,431 a 1,7464 ficando a maioria dos valores entre -0,5 a 0,5.

Na Tabela 5 estão representados as formas de distribuições de valores extremos das 144 séries mensais de ETo.

**Tabela 5** Formas de distribuições de valores extremos para séries de ETo mensais

Forma da distribuição	Número de séries	Porcentagem
VEI	17	11,8%
VEII	24	16,66%
VEIII	103	71,53%

Analisando a Tabela 5, verificou-se que 71,53% das distribuições são do tipo VEIII, a análise torna-se mais realística, onde o limite superior da função pode ter como referencial o valor da ETo mensal máxima provável. Logo essa forma de distribuição apresenta-se como a mais adequada para descrever valores de ETo mensais, pois o seu uso permite levar em consideração os limites reais dos processos hidrológicos fisicamente possíveis de ocorrerem em uma bacia.

As distribuições do tipo VEI e VEII possuem limite superior infinito, não sendo muito adequadas para representar processos hidrológicos, já que esses são considerados processos finitos.

O tamanho das séries não influenciou nos tipos de distribuições VEI, VEII e VEIII, pois séries menores apresentarem comportamento semelhante aos das séries maiores.

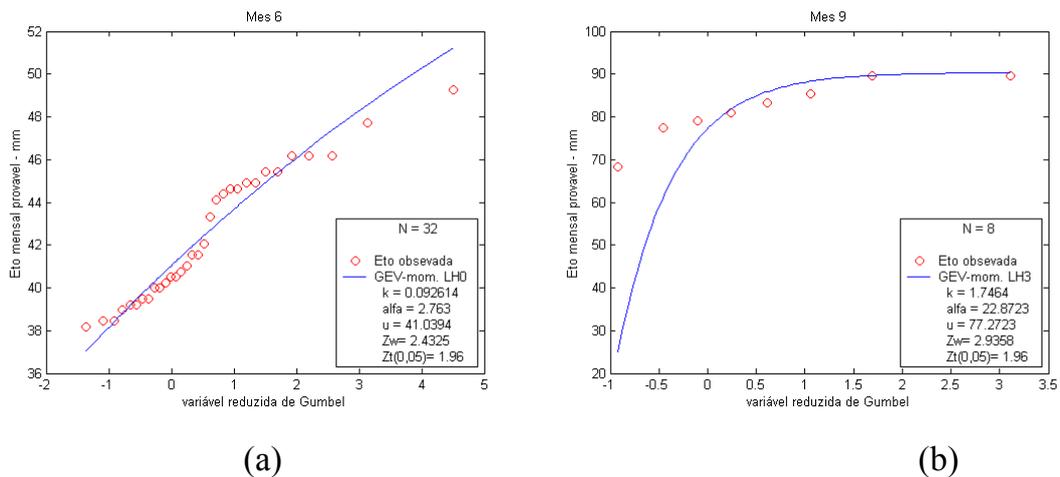
Das 144 séries avaliadas 22 séries não foram aceitas pelo teste de Wang (1998) para o nível de 5% de probabilidade. Os dados referentes a estas séries estão apresentados na Tabela 6.

**Tabela 6** Dados referentes às séries não aceitas pelo teste de wang

mês	Tamanho da série	Parâmetros da GEV			Taxas de Momentos				Teste de Wang
		k	alfa	u	cv	ca	cc	LH	
3	6	0,0245	3,8909	110,107	0,0199	0,2297	-0,4545	1	3,0474
5	6	0,0918	5,0836	54,6076	0,045	0,1937	-0,2747	1	1,9972
12	6	0,3439	4,485	129,707	0,0134	0,0658	-0,3704	1	2,1219
6	32	0,0926	2,763	41,0394	0,0418	0,1109	-0,0129	0	2,4325
6	28	-0,031	2,7737	41,6729	0,0457	0,1885	0,029	0	2,0101
2	8	1,3133	2,7626	110,736	0,0023	-0,25	-0,875	3	3,5211
12	8	0,2023	4,5737	127,739	0,0161	0,1363	-0,2222	1	2,02
6	8	0,0889	3,9935	41,3317	0,0592	0,1131	-0,1885	0	2,0087
12	8	0,0469	3,0748	120,285	0,0168	0,1389	-0,213	0	2,2196
2	8	0,0992	2,0038	105,85	0,0098	0,1898	-0,2809	1	2,59
6	8	0,1837	3,9052	42,6997	0,0529	0,057	-0,3124	0	2,6945
7	8	1,1425	5,4183	45,7223	0,0265	-0,279	-0,2959	1	2,4046
8	8	0,4971	6,6566	57,9485	0,0239	0,0682	-0,3977	3	2,2084
7	8	0,607	4,8456	48,8226	0,0294	-0,057	-0,4557	1	3,0431
9	8	1,7464	22,872	77,2723	0,017	-0,401	-0,7424	3	2,9358
11	8	0,1404	2,9305	118,822	0,0121	0,1682	0,0578	1	2,9781
5	8	-0,061	4,1601	53,7336	0,0467	0,2763	-0,1686	1	2,2532
10	8	0,2042	2,8064	105,997	0,0155	0,0452	-0,2663	0	2,3914
12	8	-0,069	3,1786	132,249	0,0175	0,2129	-0,1566	0	2,0757
12	8	0,9646	4,3704	134,05	0,0162	-0,322	-0,0162	0	2,7788
5	8	-0,281	2,0572	55,6011	0,0343	0,4037	-0,1096	1	2,6121
12	8	0,098	3,7238	134,882	0,0174	0,0108	-0,2191	0	2,1902

k – parâmetro de forma; alfa – parâmetro de escala; u – parâmetro de posicionamento; cv – coeficiente de variação; ca – coeficiente de assimetria; cc coeficiente de curtose. Teste de Wang com nível de 5% de probabilidade ( $Z_w(0.05) = 1.96$ ).

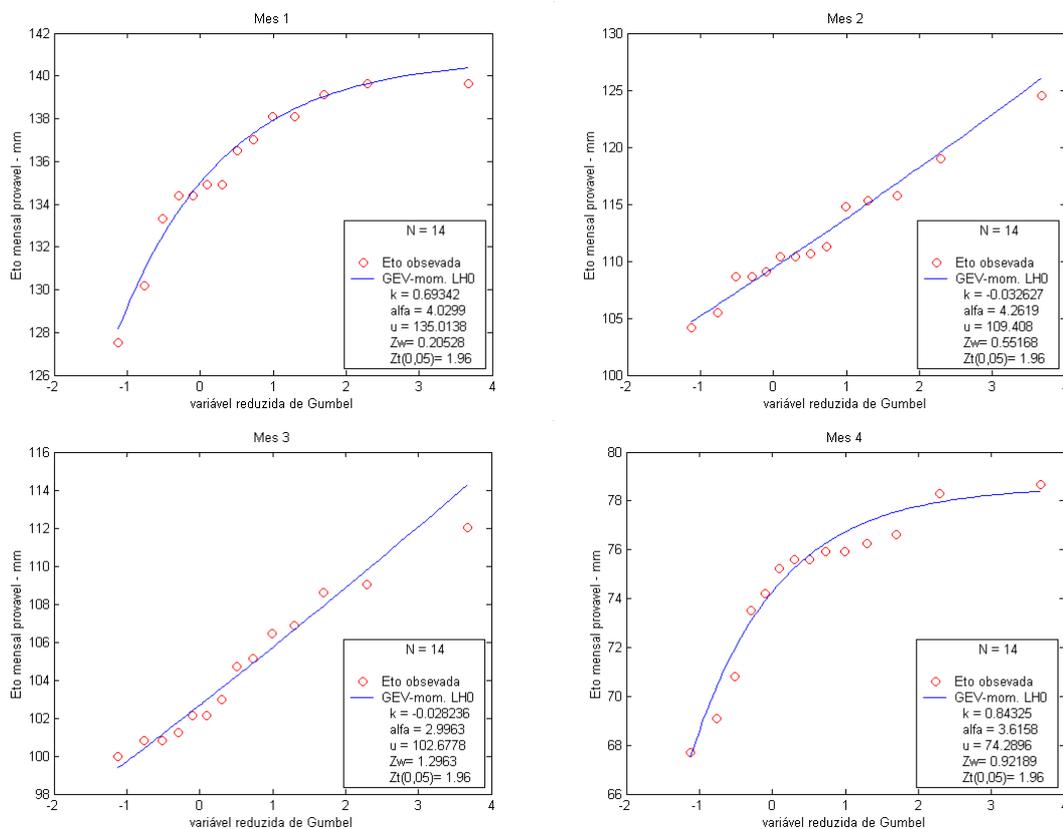
A figura 5 apresenta os gráficos de duas das séries que não foram aceitas pelo teste de Wang.



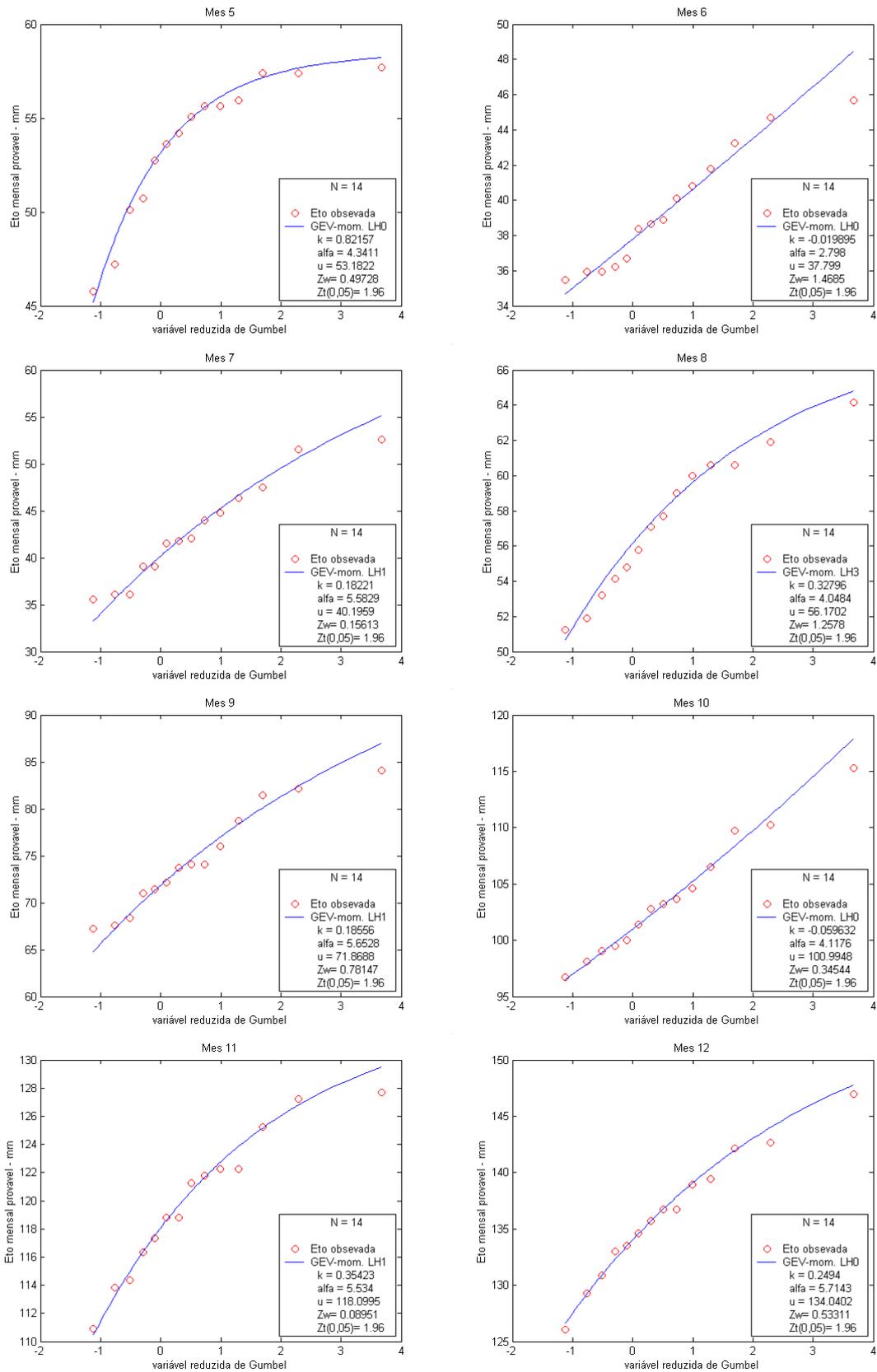
**Figura 5** Gráficos referentes às séries não aceitas pelo teste de Wang, a) estação 2 referente ao mês de junho; b) estação 9 referente ao mês de setembro.

Do total de séries mensais de ETo estudados, 15,3% das séries não foram aceitas pelo teste de Wang (1998), e os valores referentes ao testes de todas as séries estão apresentados no anexo. Isso pode ser explicado pelo fato de que a distribuição GEV segundo MARTINS & STEDINGER (2000) vem sendo muito utilizada para modelar uma extensa variedade de valores de máximos naturais, incluindo além de cheias, chuvas, velocidade de ventos, temperaturas, picos de ondas do mar e outros. Como neste trabalho 15,3% das séries não se ajustaram ao modelo talvez pelo fato de não terem sido usados valor máximo de temperatura para o calculo da ETo, e sim porque foram usados valores médios mensais, sendo assim das 144 séries referentes às 12 estações estudadas apenas duas das estações em que as 12 séries mensais foram aceitas pelo teste de Wang (1998) para o nível de 5% de probabilidade, essas estações foram as 3 e 8 respectivamente.

Nas Figuras 6 e 7 apresentam os gráficos da distribuição GEV para a estação 8, onde todas as séries mensais de ETo foram aceitas pelo teste de Wang.



**Figura 6** Gráficos do ajuste do modelo de GEV, relativo à estação 8 das séries mensais de Eto aceitos pelo teste de Wang para os meses de janeiro, fevereiro, março e abril.



**Figura 7** Gráficos do ajuste do modelo de GEV, relativo à estação 8 das séries mensais de ETO aceitos pelo teste de Wang para os meses de maio, junho, julho, agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro.

Analisando as figuras 6 e 7 é possível visualizar o bom ajuste do Modelo GEV, para a estação 8, onde para todas as séries mensais de ETo o modelo GEV foi aceito pelo teste de Wang (1998).

#### 4.2 Determinação da ETo a 75% de probabilidade de ocorrência

A ETo à 75% de probabilidade de ocorrência, para o caso em estudo, indica que de 100 anos de ETo, em 75 ocorram ETo, em mm, com no mínimo, a quantidade determinada pela Tabela 7, a qual representa a probabilidade de 0,75 de ETo segura mensal estimados através da distribuição Gama. Foi analisada somente a os valores estimados pela distribuição Gama porque os valores das duas distribuições foram muito semelhantes.

**Tabela 7** Distribuição da ETo75 mensal, estimada através da distribuição Gama de probabilidade

Est.	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	130,00	109,23	109,51	81,69	53,87	46,27	44,96	62,74	82,37	106,58	117,27	128,60
2	129,65	109,13	103,72	73,63	52,16	40,33	41,53	55,53	73,70	101,12	114,29	129,77
3	118,37	99,77	95,10	67,59	49,20	36,77	39,50	52,60	66,68	91,70	104,31	117,30
4	125,84	105,08	100,30	72,21	52,12	41,04	44,16	59,34	74,18	100,03	112,27	125,79
5	130,28	109,05	107,08	76,32	50,98	42,65	43,21	57,58	74,69	105,42	115,05	126,96
6	121,40	100,68	99,42	72,62	48,63	40,55	41,06	55,84	68,79	97,48	107,56	119,74
7	126,00	105,24	103,68	74,55	49,51	41,78	42,24	56,86	72,14	101,69	111,52	122,87
8	133,21	108,49	102,10	72,37	50,96	37,25	39,13	54,69	70,86	100,19	116,54	132,49
9	134,68	113,52	111,06	79,46	53,79	45,38	46,24	61,92	77,09	108,90	117,94	131,49
10	135,54	113,27	109,67	78,17	53,31	44,09	44,31	58,86	73,20	105,37	116,58	131,78
11	132,27	111,15	108,11	77,46	52,04	43,48	46,58	60,25	74,79	104,90	117,44	131,63
12	137,97	115,05	112,03	79,87	54,70	44,59	45,53	59,58	75,48	107,73	117,76	134,17

Na tabela 7, nota-se diminuição dos valores de ETo75, nos três primeiros meses de todas as séries, em média, em janeiro o valor foi de 129,60 mm passou para 75,50 em abril, valores que mostram uma queda de 34,79%. Em junho com relação a janeiro, a ETo supera o valor inicial em 33,10%. No mês de julho os valores de ETo começam a aumentar, embora a diferença seja pequena em relação ao mês de junho.

Com relação às informações relativas a ETo apresenta na Tabela 7 pode-se concluir que os meses de dezembro e janeiro foram os meses que apresentaram os maiores valores de ETo.

### **4.3 Ajuste do modelo probabilísticos para precipitação**

Conforme BAÚ (2004) as 144 séries mensais de precipitação utilizadas neste trabalho, foram adequadamente ajustadas através da distribuição Gama ao nível de 5% de significância.

Portanto, todas as séries mensais de precipitação sob análise, ajustaram-se adequadamente a distribuição Gama de probabilidade.

### **4.4 Determinação do IDU**

De acordo com HARGREAVES (2001) citado por SCHNEIDER (2003), as indicações normais da precipitação são dadas pela variação de  $0,33 \leq \text{IDU} \leq 1,33$ , caso contrário indicam excesso ou déficit hídrico.

Nas tabelas 8 e 9 são apresentados os valores de IDU calculados através da distribuição probabilística de Gama e Lognormal respectivamente, utilizada para estimar a ETo a 75% de probabilidade de ocorrência.

**Tabela 8** Resultado dos IDU, segundo as estimativas de ETo pelo método de Camargo associada a 75% de ocorrência através da distribuição Gama.

IDU Calculado através da distribuição probabilística de Gama												
Estação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	0,76	0,89	0,76	0,76	1,30	1,50	0,73	0,42	0,84	1,21	0,72	0,97
2	0,59	0,85	0,59	0,65	1,49	1,32	0,59	0,50	0,76	1,04	0,71	0,78
3	0,73	0,78	0,80	0,86	1,54	1,75	1,50	1,03	1,35	1,12	0,75	0,79
4	0,94	1,02	1,04	1,24	1,65	1,42	1,55	0,42	0,97	1,39	1,17	1,11
5	0,49	0,74	0,63	0,75	1,36	0,99	0,73	0,41	0,82	1,00	0,79	0,74
6	0,97	0,96	0,98	1,01	1,69	1,43	1,08	0,62	1,16	1,38	1,11	1,01
7	0,83	1,00	0,86	1,17	1,84	1,67	0,93	0,43	1,05	1,40	1,01	0,95
8	0,57	0,66	0,71	0,67	1,22	2,05	1,11	0,77	1,03	1,34	0,72	0,76
9	0,47	0,66	0,66	0,44	1,06	1,26	0,66	0,78	0,93	1,04	0,62	0,65
10	0,68	0,65	0,51	0,56	1,13	2,09	0,75	0,50	1,04	1,16	0,90	0,73
11	0,61	0,93	0,74	1,10	1,86	2,40	1,13	0,50	0,95	1,41	0,92	0,80
12	0,68	0,61	0,65	0,76	1,26	1,02	0,60	0,38	0,93	0,99	0,83	0,73

**Tabela 9** Resultado dos IDU, segundo as estimativas de ETo pelo método de Camargo associada a 75% de ocorrência através da distribuição Lognormal

IDU Calculado através da distribuição probabilística de Lognormal												
Estação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	0,76	0,89	0,76	0,76	1,31	1,51	0,73	0,42	0,85	1,22	0,72	0,97
2	0,59	0,86	0,59	0,65	1,50	1,32	0,60	0,50	0,77	1,04	0,71	0,78
3	0,73	0,78	0,80	0,86	1,54	1,75	1,51	1,03	1,35	1,12	0,75	0,79
4	0,94	1,02	1,04	1,25	1,65	1,42	1,56	0,42	0,97	1,39	1,17	1,11
5	0,49	0,74	0,63	0,76	1,37	1,00	0,74	0,41	0,83	1,00	0,79	0,74
6	0,97	0,96	0,98	1,02	1,69	1,44	1,08	0,62	1,16	1,38	1,11	1,01
7	0,83	1,00	0,86	1,18	1,84	1,67	0,94	0,44	1,06	1,40	1,02	0,95
8	0,57	0,67	0,71	0,67	1,22	2,06	1,11	0,77	1,04	1,34	0,72	0,76
9	0,48	0,66	0,66	0,50	1,06	1,26	0,67	0,79	0,93	1,04	0,62	0,65
10	0,68	0,65	0,51	0,56	1,13	2,09	0,76	0,51	1,04	1,16	0,91	0,74
11	0,61	0,93	0,74	1,10	1,86	2,41	1,13	0,50	0,96	1,41	0,92	0,80
12	0,68	0,61	0,65	0,77	1,27	1,02	0,60	0,38	0,93	0,99	0,83	0,73

Analisando as tabelas 8 e 9 verifica-se que os valores do IDU calculados utilizando a distribuição probabilística Gama e o IDU calculados utilizando a distribuição probabilística Lognormal, obtiveram comportamentos semelhantes, o que já era esperado para esse trabalho, visto que os ajustes dos modelos probabilísticos Gama e Lognormal apresentaram comportamentos semelhantes o que pode ser constatado na análise das figuras e no anexo.

Com base nestas informações nota-se nas Tabelas 8 e 9 que ao longo do período estudado, segundo os meses e as estações, o Índice de Disponibilidade de

Umidade indica excesso hídrico em 10 das 12 estações avaliadas, que ocorreram nos meses de maio, junho, julho, setembro e outubro. Para o restante dos meses, nas estações avaliadas o valor do IDU se manteve dentro dos valores recomendados por HARGREAVES (2001).

No mês de junho foi o mês que apresentou os maiores valores de IDU, que foram 2,40 para a estação 11, 2,09 para a estação 10 e 2,05 para a modelo de Gama e 2,06 para Lognormal na estação 8. Foi neste mês também o que se verificou o maior número de estações com excesso hídrico, das 12 estações avaliadas 8 apresentaram excesso hídrico neste mês.

Foi possível se verificar que os maiores valores de IDU ocorreram em regiões próximas, que foram na região de São Miguel do Iguaçu e Foz do Iguaçu.

Na estação 1, localizada em Assis Chateaubriand, houve excesso hídrico apenas para o mês de junho, sendo que o valor do IDU foi de 1,51.

Na estação 2, localizada em Palotina, o excesso hídrico ocorreu no mês de maio, e o valor do IDU foi de 1,49 para o modelo Gama e 1,50 para o de Lognormal.

Na estação 3, localizada em Cascavel, houve excesso hídrico em 4 meses que foram os de maio, junho, julho e setembro, sendo que os valores de IDU foram de 1,54, 1,75, 1,50 e 1,35 respectivamente, houve uma pequena diferença entre os modelos no mês de julho, onde o modelo de Gama apresentou um valor de 1,50 e o de Lognormal um valor de 1,51.

Na estação 4, localizada em Nova Cantu, o excesso hídrico ocorreu nos meses de maio, junho, julho e outubro e os valores de IDU foram de 1,65, 1,42, 1,56 e 1,39 respectivamente, nesta estação também houve uma pequena diferença entre os modelos no mês de julho, onde o modelo de Gama apresentou um valor de 1,55 e o de Lognormal um valor de 1,56.

Na estação 5 localizada também em Palotina, o excesso hídrico ocorreu no mês de maio, e o valor do IDU foi de 1,36 para os dados estimados pelo modelo Gama e 1,37 para o modelo Lognormal.

Na estação 6, que também está localizada em Cascavel excesso hídrico ocorreu nos meses de maio, junho e outubro e os valores de IDU foram de 1,69,

1,44 e 1,38 respectivamente, com uma diferença no mês de maio e no mês de junho, o modelo de Gama apresentou um valor de 1,43 e o Lognormal 1,44.

A estação 7, localizada em Toledo, ocorreu excesso hídrico nos meses de maio, junho e outubro e valores de IDU foram de 1,84, 1,67 e 1,40 respectivamente.

Na estação 8 localizada em São Miguel do Iguaçu, o excesso hídrico ocorreu nos meses de junho e outubro com valores de IDU de 2,05 para Gama, e 2,06 para Lognormal no mês de junho e 1,34 para o mês de outubro.

Para a estação 9, localizada em Santa Helena, todos os valores de IDU se encontram de acordo com os valores recomendados por HARGREAVES.

Na estação 10, localizada em Foz do Iguaçu, ocorreu excesso hídrico apenas no mês de junho, e o valor do IDU foi de 2,09.

Na estação 11, localizada também em São Miguel do Iguaçu, ocorreu excesso hídrico nos meses de maio, junho e outubro com valores de IDU de 1,86, 2,41 e 1,41 respectivamente, sendo que no mês de junho ocorreu uma pequena diferença para o modelo Gama com IDU de 2,40 e 2,41 para Lognormal.

Na estação 12, localizada em Guairá, foi à outra estação em que também não ocorreu excesso hídrico e todos os valores de IDU se encontram de acordo com os valores recomendados por HARGREAVES

E nos outros meses não citados anteriormente não houve excesso hídrico e o controle hídrico foi mantido.

Os meses mais propícios a apresentarem excesso hídrico foram as de maio, junho, julho e outubro, sendo que os meses de maio, junho, julho são meses que apresentam menores temperaturas médias mensais e menores valores de irradiação solar como consequência apresentam menores valores de ETo. Esses são meses onde ocorre o fim do outono e início de inverno, o que faz com que os dias fiquem menores e mais frios que em outras épocas do ano e como a precipitação na região é distribuída regularmente ao longo de todos os meses do ano, esse pode ser o motivo pelo qual ocorreu o excesso hídrico com maior frequência nesses meses. Segundo IPEA (1998) a precipitação anual está em torno de 1500 a 1900 mm, conforme a Tabela 10.

**Tabela 10** Precipitação na região oeste do Paraná

Primavera	de 400 à 550mm
Verão	de 450 à 600mm
Outono	de 400 à 550mm
Inverno	de 250 à 350mm

Fonte: IPEA (1998)

E no mês de outubro que foi o outro mês em que ocorreu excesso hídrico, no entanto esses valores forma muito próximos dos índices considerados bons para a agricultura.

## 5 CONCLUSÕES

Com o desenvolvimento desse trabalho foi possível obter as seguintes conclusões:

- O tamanho das séries não influenciou nos tipos de distribuições
- Com relação ao ajuste dos modelos probabilísticos teóricos foi possível constatar que as séries de ETo mensais da região Oeste do Estado do Paraná, para cada uma das estações, podem ser adequadamente representadas pelas distribuições de Gama e Lognormal de probabilidade, já que a ETo estimada através dos dois modelos apresentaram valores muito semelhantes.
- Com relação à distribuição GEV, das 144 séries avaliadas, 22 séries não foram aceitas pelo Teste de Wang (1998) para o nível de 5% de probabilidade. Do total de séries mensais de ETo estudados, 15,3% das séries não foram aceitas pelo teste de Wang e 84,7% foram aceitas segundo resultado do Teste do mesmo teste.
- Com relação ao IDU, em todas as estações avaliadas, nenhuma apresentou déficit hídrico.
- Em dez das 12 estações avaliadas apresentaram excesso hídrico, sendo que esse excesso se concentrou nos meses de maio, junho, julho, setembro e outubro. O mês de Junho foi o mês que apresentou o maior número de estações com excesso hídrico que foram 8 estações, e foi neste mês também que se encontraram os maiores valores de IDU calculados.
- Em apenas duas das estações avaliadas, para todos os meses, em que o IDU se manteve dentro dos valores recomendados por HARGREAVES. Estas estações foram às estações 9 e 12 localizadas em Santa Helena e Guairá respectivamente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration—Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998, paper 56, 300 p. (FAQ, Irrigation and Drainage paper 56), 1998

ALMEIDA JR., A.J.C.; HERNANDEZ, F.B.T. **Água – nova realidade**. Publicação Online, n.28, 28 de junho de 2001. Disponível em: <http://www.agr.feis.unesp.br/avp280601.htm>. Acessado em 20 março 2005.

ALVES SOBRINHO, T.; BONOMO, R.; MONTOVANI, E. C. SENDYAMA, G. C. Estimativa da evapotranspiração de referência (Eto) para Dourados e Ponta Porã, Mato Grosso do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26., 1997, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: SBEA, CD-Rom.

ARRUDA, H.V., PINTO, H.S. **A simplified gamma probability model for analysis of the frequency distribution of rainfall in the region of Campinas, SP, Brazil**. Agricultural Meteorology, Amsterdam, n.22, p.101-8, 1980.

ASSIS, F.N. **Modelagem da ocorrência e da quantidade de chuva e de dias secos em Piracicaba-SP e Pelotas-RS**. Piracicaba, 1991. 134p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

BARGER, G. L.; THOM, H.C.S. Evaluation of drought hazard. **Agronomy Journal**. Madison, v.41, n.11, p. 519-26, 1949.

BASTOS, E. A.; AGUIAR NETTO, A. D.; ANDRADE JR., A. S.; OLIVEIRA, C.M.M. Distribuição de frequência da evapotranspiração potencial para a região de Terezina-PI, através do modelo de Gumbel. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, 1994 14:99 – 104.

BAÚ, A. L., **Comportamento espacial da precipitação mensal provável da mesoregião Oeste do Estado do Paraná**. Cascavel, 2004. Dissertação (Mestrado) – Unioeste, Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: TUCCI, C. E. M. (org). **Hidrologia Ciência e aplicação pluvial do município de Lavras, Estado de Minas Gerais**. Lavras, 1998. 121 p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Lavras.

BRASIL. Ministério das Relações Exteriores. **Brasil em síntese**. Sua terra: Brasília: MRE, 2001. Disponível em:

<<http://www.mre.gov.br/ndsg/textos/brasilsint/terra.htm>> Acessado em 15 de março de 2005.

CAMARGO, A. P. **Balço Hídrico no Estado de São Paulo**. Boletim técnico n.1 16, 1971. 24p.

CASTRO NETO, P.; SILVEIRA, J.V. **Precipitação provável para Lavras-MG, baseada na função de distribuição de probabilidade gama. III Períodos de 10 dias**. Ciência e Prática, Lavras, v. 7, p.58-65. 1983.

CASTRO, R. **Distribuição probabilística da frequência de precipitação na região de Botucatu, SP**. Botucatu, 1994. 101p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

CÔRTEZ, CELINA. **A peça que faltava**. Revista Isto É, 28 de julho de 2004. Número 1816, Ciência, Tecnologia e meio ambiente, 104-107.

CRUCIANI, D. E. **Drenagem na Agricultura**. São Paulo: Editora Nobel, 1980. 333p.

CUNHA, A. R. **O modelo gama de probabilidade aplicado ao estudo da distribuição da chuva na região administrativa de Bauru, SP**. Botucatu, 1996. 88p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

DOORENBOS. J.; PRUITT, W. O. **Guidelines for predicting crop water requiremenst**. Rome: FAO – Irrigation and drainage, 1967. 144p. (FAQ, Paper 24, 2. ed).

DOORENBOS. J.; PRUITT, W. O. **Crop water requiremensts**. Rome: FAO – Irrigation and drainage, 1984. 144p. (FAQ, Paper 21).

FRANCISCO, J. D. **Parâmetros pluviométricos auxiliares no planejamento de empreendimentos na região de Botucatu – SP**. Botucatu, 1991. 120p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

GANGOPADHYANA M. , et al. **Uma Measurement and estimation of evaporation and evapotranspiration**. Genova: World Meteorological Organization, 1996.

GARRIDO, S. J. R. Comentários. In: **Política nacional de recursos hídricos**. Legislação básica. Brasília: Ministério do Meio Ambiente – SRH, 2002.

GOMES, H. P. **Engenharia de irrigação: Hidráulica dos sistemas pressurizados, aspersão e gotejamento**. 3. ed. Campina Grande: UFPB, 1998. 412p.

HARGREAVES, G. H. **Moisture availability and crop production**. ASAE 18(5):p. 980-984. 1975.

HARGREAVES, G. H.; MERKLEY, G. P. Fundamentos del riego. **Water Resources publications**, CLC. 221p., 2000.

JENKINSON, A. F. **The frequency distribution of the annual maximum (ou minimum) of meteorological elements**. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, v.81, p. 158 – 171. 1955.

JENSEN, M. E. **Consumptive use of water and irrigation water requeriments**. New York: 1974, 215p.

KELMAN, J. Comentários. **Política nacional de recursos hídricos**. Legislação básica. Brasília: Ministério do Meio Ambiente – SRH, 2002.

KLAR, A. E. **A água no sistema solo-planta-atmosfera**. São Paulo: ed. Nobel, 1984. 408 p.

KREPPER, C. M., SCIAN, B. V., PERINI, J. O. **Time and space variability of rainfall in Central East Argentina**. Journal of climate, v.2, n.1, p.39-47, 1989.

LANNA A. L. **Elementos estatísticos e probabilidade**. In: TUCCI, C. E. M. (org) Hidrologia: Ciência e aplicação. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul/São Paulo, Edusp, 1993, p. 79-176.

LÓPEZ BAUTISTA, E. A. **A distribuição generalizada de valores extremos no estudo da velocidade do vento em Piracicaba, SP**. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba. 2002.

MALUF, J. R. T. **Nova classificação climática do Rio Grande do Sul**. Publicação Online, n.8, 1999. Disponível em: <http://www.cnpt.Embrapa.br> . Acessado em: 22/03/2005.

MARITINS, S. E.; STEDINGER, J.R. (2000). Generalized maximum-likelihood generalized extreme – value quantile estimadora for hydrologic data. **Water resour. Res.**, v.36, n.3, p.737-744.

MEDEIROS, J.F.; PEREIRA, F.A.C.; FOLEGATTI, M.V.; PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A. Comparação entre a evaporação em tanque Classe-A padrão e em minitanque, instalados em estufa e estação meteorológica. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 10, 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBA, 1997. p.228-230.

MEDEIROS, S. L. P. Avaliação de métodos de estimativa de evapotranspiração de referência para a região mesodimática de Santa Maria, RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, n. 6 v. 1. p. 105-109, 1998.

MILLER, M.E., WEAVER, C.R. **Monthly and annual precipitation probabilities for climatic divisions in Ohio**. Wooster: Ohio Agricultural Research and Development Center, 1968. (Research Bulletin, 1005)

MOURA, M. S. B., SOBRINHO, J. E., PORTO, F. Q. de, OLIVEIRA, F. X. de, MAIA, A. J. Estimativa de evapotranspiração de referência máxima possível para o município de Mossoró, RN, utilizando a distribuição probabilística de Gumbel. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 9; 1999. Florianópolis, SC. **Anais...** Florianópolis: v.1, p. 25-30.

OLIVEIRA G. M. AGUIAR NETTO, A. D., BASTOS, E. A.. Uma análise dos componentes do balanço de energia sobre um cultivo de amendoim irrigado. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 10, Piracicaba. **Anais...** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997. p.535-537.

OMETTO. J. C. **Bioclimatologia Vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981.

PENMAN. H. L. Natural evaporation from open water, base soil and Gross. London: **Proc R. Soc.**, 1948. A 193: p. 120-146.

PEREIRA, A. R.; VILANOVA, M. A.; SENDIYAMA, G. C. **Evapo(transpiração)**. Piracicaba, FEALQU, 1997, 183 p.

PIRES, R. C. M. **Irrigação**. Piracicaba: FUNEP, 2001. p. 63-120.

PORTUGAL, A. D. Uso competitivo da água, prevenção do meio ambiente e desenvolvimento sustentável da agricultura irrigada. **Revista Irrigação e Tecnologia Moderna – ITEM**. n. 50, Fortaleza – CE, 2º trim. 2001

PRUITT, W. O.; von OETTINGEN, S.; MORGAN, D. L. Cental Califórnia evapotranspiration frequencies. **Journal of the irrigation and drainage division**, New York: v.98, n.IR-2, p.177-184, 1972.

QUEIROZ, M. M. F. de. **Análise de cheias anuais segundo distribuição generalizada**. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo. 2002.

ROSENBERG, N.J.; BLAD, B.L.; VERMA, S.B. Microclimate: **The biological environment**. 2.ed. New York: John Wiley & Sons, 1983. 495p.

SAAD, J. C. C.; SCALOPPI, E. J. Frequência de distribuição de evapotranspiração para dimensionamento de sistemas de irrigação. In:

CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 8., 1998, Florianópolis, SC. **Anais...** Florianópolis ABID, v. 2, p.1037-1052.

SAMPAIO, S. C.; VILAS BOAS M. A. OLIVEIRA. Estudo da Precipitação Efetiva para o Município de Lavras, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 4, n. 2, 210-213, ago/2000. (Separata).

SCHNEIDER, D. S. L. G. **Determinação do Índice de Disponibilidade de Umidade para a Região de Cascavel no Estado do Paraná**. Cascavel, 2003. Dissertação (Mestrado) – Unioeste, Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

SENDIYAMA. G. C. **Necessidade de água para cultivos**. Brasília: ABEAS, 1987. p. 86-110.

SENDIYAMA. G. C. **Evapotranspiração**. Necessidade de água para as plantas cultivadas. Brasília: ABEAS, 1998. 173 p.

SENTELHAS, P. C. Agrometeorologia aplicada à irrigação In: MIRANDA, J. H. PIRES, R. C. M. **Irrigação**. Piracicaba: FUNEP, 2001. p. 63-120.

SENTELHAS, P. C.; CAMARGO. A. P. Equação para estimativa da evapotranspiração potencial no Estado de São Paulo, Baseado no Método de Hargreaves 1974. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. n. 4, v. 2, p. 77-81, 1996.

SILVA, C. L. da. **Análise estatística das características de vazão do córrego Capetinga**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.7, n.2, p. 311 – 317, 2003a.

SILVA, F. C., FIETZ, C. R., FOLEGATTI, M. V., PEREIRA, F. A. C.. Distribuição de Frequência da evaporação de referência de Cruz das Almas, BA. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 2, n. 3, p. 284-286, 1998.

SMITH, M. **Report on the expert consultation revision of crop water requirements**. Rome – FAO, 1991. 45p.

THOM, H.C.S. **A note on the gama distribution**. Monthly Weather Review, Washington, v.86, n.117-22, 1958

THORTNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographic Rev.**, n. 38: p. 55-94, 1948.

TUBELIS, A. NASCIMENTO, F. J. L. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo: ed. Nobel 1987. 98p.

TUCCI, C. E. M. & BELTRAME L. F. S. Evaporação e Evapotranspiração. In: TUCCI, C. E. M. (org). **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre. Editora da UFRGS/ABRIL. 2002b.

VILANOVA, M. A.; REICHARDT, K. **Evaporação/evapotranspiração de um ecossistema e suas relações com o meio ambiente**. Engenharia e hidrologia. Rio de Janeiro, coleção ABRH de recursos Hídricos, n.2: p. 145-197, 1989.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.

VIVALDI, L. J. **Utilização da distribuição gama em dados pluviométricos**. Piracicaba, 1973. 77p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

WANG, Q. J. (1997a). Using higher probability-weighted moments to fit the extreme value distribution to censored samples. **Water Resour. Rev.**, v.32, n.6, p.1767-1772.

## **ANEXOS**

ANEXO A - TABELA PARA SÉRIES MENSAIS DE ETO PARA GEV

Estação	mês	tamanho da série	Parâmetros da GEV			Taxas de Momentos				Teste de Wang
			k	alfa	u	cv	ca	cc	LH	
1	1	6	0,9460	5,4121	132,0013	0,0103	-0,2013	-0,0786	1,0000	0,7182
1	2	6	0,1913	3,3028	109,8535	0,0177	0,0526	0,0977	0,0000	0,0880
1	3	6	0,0245	3,8909	110,1071	0,0199	0,2297	-0,4545	1,0000	3,0474
1	4	6	-0,2139	2,5874	82,0017	0,0271	0,3128	0,4872	0,0000	1,3637
1	5	6	0,0918	5,0836	54,6076	0,0450	0,1937	-0,2747	1,0000	1,9972
1	6	6	0,6569	5,2103	48,2361	0,0533	-0,1875	-0,2336	0,0000	1,8539
1	7	6	-0,1242	2,4960	47,0607	0,0364	0,3121	-0,0191	1,0000	1,1098
1	8	6	0,0486	7,6094	64,1220	0,0741	0,1379	0,4967	0,0000	1,7823
1	9	6	-0,1826	3,6224	82,6618	0,0358	0,2906	0,0598	0,0000	0,7767
1	10	6	1,1909	5,4286	110,1309	0,0256	-0,4111	0,3333	0,0000	0,9239
1	11	6	0,0132	2,4092	117,6054	0,0139	0,1600	0,0000	0,0000	0,7353
1	12	6	0,3439	4,4850	129,7071	0,0134	0,0658	-0,3704	1,0000	2,1219
2	1	32	0,3465	3,7113	130,9473	0,0110	0,0646	0,0703	1,0000	0,1399
2	2	32	0,2761	3,8580	110,3605	0,0196	0,0048	0,2023	0,0000	1,6411
2	3	32	-0,0134	3,0655	104,4458	0,0202	0,1769	0,1074	0,0000	0,7838
2	4	32	0,2282	4,2635	74,9620	0,0244	0,1232	0,1354	1,0000	0,7574
2	5	32	0,1926	4,0114	53,2774	0,0436	0,0519	0,0361	0,0000	1,3605
2	6	32	0,0926	2,7630	41,0394	0,0418	0,1109	-0,0129	0,0000	2,4325
2	7	32	0,3105	5,7552	43,4547	0,0489	0,0822	0,1122	1,0000	0,5484
2	8	32	0,4570	5,1205	57,2984	0,0299	0,0118	0,0011	1,0000	1,2040
2	9	32	0,4094	5,6566	75,4746	0,0264	0,0343	0,0410	1,0000	0,5551
2	10	32	0,1345	4,8070	102,2134	0,0226	0,1712	0,0604	1,0000	0,9849
2	11	32	0,1973	4,3595	115,5381	0,0221	0,0492	0,1454	0,0000	0,5262
2	12	32	0,1868	4,1171	130,9432	0,0186	0,0552	0,1523	0,0000	0,6224
3	1	26	0,4864	4,1601	119,8204	0,0118	-0,0019	0,0255	1,0000	0,6284
3	2	26	0,2241	3,6598	100,9080	0,0209	0,0339	0,2337	0,0000	1,8296
3	3	26	-0,0728	2,0161	95,7240	0,0130	0,3295	0,1961	4,0000	0,3261
3	4	26	0,3909	3,6734	68,8620	0,0283	-0,0567	0,1440	0,0000	0,6224
3	5	26	0,5064	3,7504	50,6883	0,0377	-0,1154	0,1295	0,0000	0,3737
3	6	26	0,1980	3,0217	37,6577	0,0462	0,0488	0,1727	0,0000	0,8692
3	7	26	0,2675	4,9781	41,0191	0,0664	0,0096	0,0565	0,0000	0,7828
3	8	26	0,3851	4,9216	43,9521	0,0325	0,0459	0,1210	1,0000	0,7352
3	9	26	0,4055	6,4645	68,7951	0,0328	0,0362	0,0917	1,0000	0,3064
3	10	26	0,0804	4,5407	92,7939	0,0309	0,1183	0,0302	0,0000	1,5186
3	11	26	0,2146	4,8016	106,0365	0,0157	0,1903	0,2180	3,0000	1,8933
3	12	26	0,0243	4,2727	118,3221	0,0203	0,2297	0,1290	1,0000	0,1821
4	1	28	0,4813	4,1266	127,1914	0,0111	0,0004	0,0244	1,0000	0,6870
4	2	28	-0,1019	2,4186	106,2259	0,0157	0,2995	0,2240	1,0000	0,7898
4	3	28	0,0537	2,8753	100,9640	0,0155	0,2139	0,1273	1,0000	0,0823
4	4	28	0,1840	3,6293	73,2986	0,0291	0,0568	0,1963	0,0000	1,2567
4	5	28	0,3559	4,1243	53,3401	0,0286	0,0600	0,0137	1,0000	1,0476
4	6	28	-0,0313	2,7737	41,6729	0,0457	0,1885	0,0290	0,0000	2,0101
4	7	28	0,2912	5,1588	45,8223	0,0611	-0,0034	0,1134	0,0000	0,1062
4	8	28	0,4193	4,2727	60,9176	0,0367	-0,0715	0,1808	0,0000	1,2564
4	9	28	0,2030	5,8613	75,9057	0,0444	0,0459	0,1634	0,0000	0,7759
4	10	28	0,4174	5,3025	101,2775	0,0187	0,0305	-0,0089	1,0000	1,3125
4	11	28	0,1363	3,3288	113,1595	0,0180	0,0847	0,1547	0,0000	0,4974
4	12	28	0,1893	4,4211	127,0794	0,0205	0,0538	0,1880	0,0000	1,1365
5	1	8	-0,1224	1,9014	131,7331	0,0104	0,3111	0,1167	1,0000	0,4852

5	2	8	1,3133	2,7626	110,7355	0,0023	-0,2500	-0,8750	3,0000	3,5211
5	3	8	-0,3132	2,4145	107,3584	0,0225	0,3861	0,1646	0,0000	0,7251
5	4	8	-0,0325	4,2172	76,9716	0,0379	0,1892	0,0686	0,0000	0,5728
5	5	8	-0,1101	3,8156	51,2719	0,0485	0,3042	-0,0934	1,0000	1,8885
5	6	8	-0,0256	3,4060	43,1924	0,0535	0,1848	-0,1124	0,0000	1,7068
5	7	8	1,1004	5,0914	46,6568	0,0556	-0,3762	0,2904	0,0000	0,8473
5	8	8	0,5636	6,2291	60,0237	0,0519	-0,1434	0,3445	0,0000	1,5486
5	9	8	0,4523	7,3103	76,1926	0,0254	0,0605	-0,2625	2,0000	1,7756
5	10	8	0,0497	3,1879	106,0816	0,0164	0,2160	0,2431	1,0000	0,7189
5	11	8	0,5329	3,7454	116,2784	0,0165	-0,1284	-0,0275	0,0000	0,8777
5	12	8	0,2023	4,5737	127,7388	0,0161	0,1363	-0,2222	1,0000	2,0200
6	1	8	0,6410	2,9945	122,5782	0,0122	-0,1801	0,3168	0,0000	1,3503
6	2	8	-0,4310	1,3863	101,1639	0,0186	0,4963	0,2147	1,0000	0,9019
6	3	8	0,0910	3,8082	100,1268	0,0239	0,1118	0,1502	0,0000	0,1233
6	4	8	-0,0041	3,8466	73,2729	0,0354	0,1710	0,2084	0,0000	0,3604
6	5	8	-0,0923	3,1184	49,3437	0,0407	0,2941	-0,0713	1,0000	1,6851
6	6	8	0,0889	3,9935	41,3317	0,0592	0,1131	-0,1885	0,0000	2,0087
6	7	8	0,7436	5,4340	42,8921	0,0191	-0,0331	0,1446	3,0000	0,4992
6	8	8	0,8450	5,2860	58,5272	0,0445	-0,2715	0,2670	0,0000	0,9046
6	9	8	0,1666	7,2571	70,4419	0,0599	0,0669	0,2293	0,0000	0,6956
6	10	8	0,0386	3,0331	98,0079	0,0204	0,1440	-0,1440	0,0000	1,7977
6	11	8	0,7776	4,1423	108,8005	0,0105	-0,1313	0,2083	1,0000	0,8299
6	12	8	0,0469	3,0748	120,2849	0,0168	0,1389	-0,2130	0,0000	2,2196
7	1	8	0,1220	2,0471	127,3672	0,0081	0,1778	0,2444	1,0000	0,8271
7	2	8	0,0992	2,0038	105,8504	0,0098	0,1898	-0,2809	1,0000	2,5900
7	3	8	-0,2903	2,2345	103,9281	0,0207	0,3688	0,0426	0,0000	1,4467
7	4	8	0,2057	5,0878	75,0294	0,0295	0,1346	0,2424	1,0000	0,9033
7	5	8	-0,0823	3,5587	50,3335	0,0444	0,2884	-0,0966	1,0000	1,8283
7	6	8	0,1837	3,9052	42,6997	0,0529	0,0570	-0,3124	0,0000	2,6945
7	7	8	1,1425	5,4183	45,7223	0,0265	-0,2788	-0,2959	1,0000	2,4046
7	8	8	0,4971	6,6566	57,9485	0,0239	0,0682	-0,3977	3,0000	2,2084
7	9	8	0,4755	7,5143	74,7301	0,0513	-0,1000	0,2607	0,0000	1,0091
7	10	8	0,1707	3,4228	102,4442	0,0199	0,0645	0,1935	0,0000	0,4744
7	11	8	0,5466	3,8274	112,8226	0,0173	-0,1351	-0,0721	0,0000	1,1770
7	12	8	-0,0276	3,4325	123,4238	0,0195	0,1860	0,0155	0,0000	0,9004
8	1	14	0,6934	4,0299	135,1380	0,0148	-0,2043	0,1400	0,0000	0,2053
8	2	14	-0,0326	4,2619	109,4080	0,0272	0,1893	0,2161	0,0000	0,5517
8	3	14	-0,0282	2,9963	102,6778	0,0204	0,1865	0,0238	0,0000	1,2963
8	4	14	0,8433	3,6158	74,2896	0,0240	-0,2707	0,2249	0,0000	0,9219
8	5	14	0,8216	4,3411	53,1822	0,0402	-0,2614	0,0909	0,0000	0,4973
8	6	14	-0,0199	2,7980	37,7990	0,0501	0,1811	0,0037	0,0000	1,4685
8	7	14	0,1822	5,5829	40,1959	0,0580	0,1466	0,0874	1,0000	0,1561
8	8	14	0,3280	4,0484	56,1702	0,0201	0,1405	0,2192	3,0000	1,2578
8	9	14	0,1856	5,6528	71,8688	0,0346	0,1449	0,0246	1,0000	0,7815
8	10	14	-0,0596	4,1176	100,9948	0,0292	0,2069	0,1312	0,0000	0,3454
8	11	14	0,3542	5,5340	118,0995	0,0178	0,0608	0,0679	1,0000	0,0895
8	12	14	0,2494	5,7143	134,0402	0,0242	0,0197	0,1644	0,0000	0,5331
9	1	8	0,3619	3,9045	135,8721	0,0110	0,0571	0,0535	1,0000	0,1382
9	2	8	-0,2870	0,8538	114,2952	0,0074	0,4074	0,4630	1,0000	1,4753
9	3	8	-0,2064	2,9954	111,4305	0,0230	0,3075	0,2119	0,0000	0,0575
9	4	8	-0,0348	3,7615	80,0924	0,0327	0,1907	0,0233	0,0000	0,8646
9	5	8	-0,0432	3,9044	54,5351	0,0495	0,1962	0,2423	0,0000	0,5093
9	6	8	0,1160	3,6304	46,0762	0,0478	0,0968	-0,0927	0,0000	1,3756

9	7	8	0,6070	4,8456	48,8226	0,0294	-0,0569	-0,4557	1,0000	3,0431
9	8	8	0,2235	5,3187	63,2572	0,0477	0,0342	0,2281	0,0000	0,7305
9	9	8	1,7464	22,8723	77,2723	0,0170	-0,4009	-0,7424	3,0000	2,9358
9	10	8	0,3057	2,6268	109,5833	0,0133	-0,0114	0,2159	0,0000	0,6953
9	11	8	0,1404	2,9305	118,8222	0,0121	0,1682	0,0578	1,0000	2,9781
9	12	8	-0,0664	3,1476	131,9457	0,0174	0,2114	0,0000	0,0000	1,0745
10	1	8	0,7106	4,3356	137,4372	0,0157	-0,2121	0,4026	0,0000	1,9128
10	2	8	0,3359	3,0247	113,7520	0,0105	0,0697	-0,1634	0,0000	1,4813
10	3	8	0,0627	3,9606	110,4448	0,0231	0,1291	0,3093	0,0000	1,0905
10	4	8	-0,0708	3,5420	78,6833	0,0325	0,2143	-0,0667	0,0000	1,5080
10	5	8	-0,0605	4,1601	53,7336	0,0467	0,2763	-0,1686	1,0000	2,2532
10	6	8	0,0653	3,5319	44,7458	0,0497	0,1275	0,0040	0,0000	0,8279
10	7	8	0,8439	5,3297	47,0376	0,0557	-0,2710	0,1794	0,0000	0,2797
10	8	8	-0,0419	3,3464	60,6532	0,0333	0,2659	0,1059	1,0000	0,3608
10	9	8	0,5833	8,3095	76,3699	0,0542	-0,1528	0,2060	0,0000	0,6323
10	10	8	0,2042	2,8064	105,9965	0,0155	0,0452	-0,2663	0,0000	2,3914
10	11	8	0,2587	3,1874	117,3158	0,0154	0,0145	0,1594	0,0000	0,3181
10	12	8	-0,0686	3,1786	132,2490	0,0175	0,2129	-0,1566	0,0000	2,0757
11	1	8	1,1083	4,2699	134,9688	0,0161	-0,3793	0,2500	0,0000	0,5084
11	2	8	0,0471	2,4991	111,5829	0,0147	0,1388	0,1292	0,0000	0,0640
11	3	8	-0,0061	4,0311	108,7815	0,0253	0,1722	0,2556	0,0000	0,6552
11	4	8	0,0222	4,3638	78,1732	0,0368	0,1543	0,0740	0,0000	0,4478
11	5	8	-0,2082	3,9630	52,2089	0,0578	0,3606	-0,0239	1,0000	1,7254
11	6	8	0,2910	4,8503	44,7547	0,0589	-0,0034	-0,0943	0,0000	1,2696
11	7	8	0,0510	2,6758	47,0351	0,0366	0,1364	-0,0625	0,0000	1,2660
11	8	8	0,6532	6,5173	62,3462	0,0221	-0,0263	0,4022	2,0000	1,8671
11	9	8	0,6964	9,9108	79,0095	0,0616	-0,2057	0,1291	0,0000	0,0570
11	10	8	0,2094	3,0135	105,5725	0,0167	0,0423	-0,0047	0,0000	0,7430
11	11	8	0,8722	3,4039	118,4888	0,0052	-0,1164	0,0070	2,0000	0,1871
11	12	8	0,9646	4,3704	134,0498	0,0162	-0,3217	-0,0162	0,0000	2,7788
12	1	8	1,2496	6,3586	139,8925	0,0101	-0,3193	-0,0162	1,0000	0,8334
12	2	8	0,9501	1,8215	116,0474	0,0078	0,3158	0,3509	0,0000	1,4451
12	3	8	-0,1701	2,4269	112,4692	0,0177	0,2819	0,4208	0,0000	1,3900
12	4	8	-0,0162	4,1859	80,5272	0,0355	0,1787	-0,0043	0,0000	1,0051
12	5	8	-0,2808	2,0572	55,6011	0,0343	0,4037	-0,1096	1,0000	2,6121
12	6	8	0,5436	5,8788	45,0275	0,0397	-0,0283	-0,2326	1,0000	1,7522
12	7	8	0,7576	5,0017	47,8927	0,0513	-0,2333	0,2901	0,0000	1,1220
12	8	8	0,2570	4,6515	61,4501	0,0309	0,1087	-0,0509	1,0000	0,8745
12	9	8	0,7389	7,0294	78,7890	0,0439	-0,2249	0,3012	0,0000	1,2082
12	10	8	0,8966	5,1467	109,4653	0,0121	-0,1811	0,2623	1,0000	1,1037
12	11	8	0,3728	4,1341	118,9313	0,0187	-0,0472	0,2362	0,0000	0,8435
12	12	8	0,0980	3,7238	134,8819	0,0174	0,0108	-0,2191	0,0000	2,1902

**ANEXO B – ROTINA COMPUTACIONAL UTILIZADA PARA O AJUSTE DOS MODELOS PROBABILISTICOS GAMA E LOGNORMAL E SUA REFERIDA VALIDAÇÃO – MATLAB R 12.**

```

clear
%=====
load esta1
%=====
[N C]=size(x);
prob=0.75; %[0.9 0.75 0.5 0.25 0.1];

```

```

a=1:12;
KSg=[];KSln=[];
for jj=1:N
    for k=1:C
        if x(jj,k)==0
            x(jj,k)=2.7284;
        end
    end
end

for ii=1:12
    y=x(:,ii);
    par=gamfit(y);
    z=sort(y);
    b=(1:N)/(N+1);
    wy=linspace(min(y),max(y),100);
    Ny=length(wy);
    bw=(1:Ny)/(Ny+1);
    ww=gaminv(bw,par(1),par(2));
    wln=logninv(bw,mean(log(y)),std(log(y)));
    gp75(ii)=gaminv(1-prob,par(1),par(2));
    lnp75(ii)=logninv(1-prob,mean(log(y)),std(log(y)));

    figure
    plot(z,1-b,'or',ww,1-bw,'g',wln,1-bw,'b')
    axis([min(z)-10 max(z)+10 0 1])
    xlabel('ETo mensal provavel - mm')
    ylabel('probabilidade de excedencia - %')
    legend('dados observados','modelo gama','modelo lognormal',['mês',num2str(a(ii))],1)

[h p k]=kstest2(y,ww);
KSg=[KSg;h p k];
[h1 p1 k1]=kstest2(y,wln);
KSln=[KSln;h1 p1 k1];
end

test=[KSg KSln];
res=[gp75;lnp75];

%=====
save testesta1 test
save resesta1 res
%=====

```

**ANEXO C – ROTINA COMPUTACIONAL UTILIZADA PARA O AJUSTE DO MODELO DISTRIBUIÇÃO GENERALIZADA DE VALORES EXTREMOS - MATLAB R 12.**

continua

```

clear
%=====
load esta1
%=====
res=[];
for t=1:12

```

```

x1=x(:,t);
X=sort(x1);
s=length(X);
xx=X(1:s);

[k alfaw u CV CS CK]=fmomlh(xx); %função que calcula os 4 momentos-1
%[kw alfaw uw Alfag Ug]=fmomlh(x);
kw=k';alfaw=alfa';uw=u';cv=CV';ca=CS';cc=CK';

```

```

%ploting position probability
n=s;
for i=1:s
%P(i)=i/(s+1);          %Weibull
Pa(i)=(i-0.35)/s;      %APL
%Pb(i)=(i-0.3175)/(s+0.365); %Median
%Pc(i)=(i-3/8)/(s+1/4); %Blom
%Pd(i)=(i-0.40)/(s+0.2); %Cunnane
%Pe(i)=(i-0.44)/(s+0.12); %Gringorten
%Pf(i)=(i-0.5)/s;      %Hazen
%Pg(i)=(i-1)/(s-1);    %Landwehr
end
%b=-log(-log(P));
ba=-log(-log(Pa));
%bb=-log(-log(Pb));
%bc=-log(-log(Pc));
%bd=-log(-log(Pd));
%be=-log(-log(Pe));
%bf=-log(-log(Pf));
%bg=-log(-log(Pg));

```

```

%quantis teóricos
%x1=ut+alfat/kt-alfat/kt*(-log(P)).^kt;
%x1a=ut+alfat/kt-alfat/kt*(-log(Pa)).^kt;
%xg=ut-alfat*log(-log(P));

```

```

%quantis estimados
c=0;
for i=1:5
for j=1:s
c=c+1;
%x3(i,j)=uw(i)+alfaw(i)/kw(i)-alfaw(i)/kw(i)*(-log(P(j))).^kw(i);
x3a(i,j)=uw(i)+alfaw(i)/kw(i)-alfaw(i)/kw(i)*(-log(Pa(j))).^kw(i);
%x3b(i,j)=uw(i)+alfaw(i)/kw(i)-alfaw(i)/kw(i)*(-log(Pb(j))).^kw(i);

```

**ANEXO C – ROTINA COMPUTACIONAL UTILIZADA PARA O AJUSTE DO MODELO DISTRIBUIÇÃO GENERALIZADA DE VALORES EXTREMOS - MATLAB R 12.**

continua

```

%x3d(i,j)=uw(i)+alfaw(i)/kw(i)-alfaw(i)/kw(i)*(-log(Pd(j))).^kw(i);
%x3f(i,j)=uw(i)+alfaw(i)/kw(i)-alfaw(i)/kw(i)*(-log(Pf(j))).^kw(i);
%x3c(i,j)=uw(i)+alfaw(i)/kw(i)-alfaw(i)/kw(i)*(-log(Pc(j))).^kw(i);
%x3e(i,j)=uw(i)+alfaw(i)/kw(i)-alfaw(i)/kw(i)*(-log(Pe(j))).^kw(i);
%x3g(i,j)=uw(i)+alfaw(i)/kw(i)-alfaw(i)/kw(i)*(-log(Pg(j))).^kw(i);
%x3=uw+alfaw./kw-alfaw./kw*(-log(P)).^kw;

```

```

%Xg(i,j)=Ug(i)-Alfag(i)*log(-log(P(j)));
end
end
%----- teste de hipótese-----
b=[0.0745 0.0555 0.0067 -0.3090 0.2240
0.0579 -0.0328 0.1524 -0.4102 0.2672
0.0488 -0.0527 0.1620 -0.3856 0.2566
0.0380 -0.0309 0.0354 -0.1233 0.0878
0.0241 0.0024 -0.0813 0.0733 -0.0210];
c=[1.0100 -0.0282 -2.9336 4.0801 -1.0874
1.3403 -0.8291 -3.8777 9.5371 -5.7866
1.8800 -2.2233 -2.5825 10.435 -7.3887
2.6784 -4.8418 3.5255 2.3736 -3.2076
3.7793 -8.3485 11.517 -7.9095 1.9459];

for j=1:5
bo(j)=b(j,1)+b(j,2)*ca(j)+b(j,3)*ca(j)^2+b(j,4)*ca(j)^3+b(j,5)*ca(j)^4;
co(j)=c(j,1)+c(j,2)*ca(j)+c(j,3)*ca(j)^2+c(j,4)*ca(j)^3+c(j,5)*ca(j)^4;
sig(j)=bo(j)/n+co(j)/n^2;
t2(j)=(j+1)*alfaw(j)*gamma(1+kw(j))*(-(j+1)^(-kw(j))+(j)^(-kw(j)))/(2*kw(j));
t4(j)=(j+3)*alfaw(j)*gamma(1+kw(j))*(-(j+5)*(j+4)*(j+3)^(-kw(j))+3*(j+4)*(j+3)*(j+2)^(-
kw(j))-3*(j+3)*(j+2)*(j+1)^(-kw(j))+(j+2)*(j+1)*(j)^(-kw(j)))/(4*3*2*kw(j));
cct(j)=t4(j)/t2(j);
z(j)=abs(cc(j)-cct(j))/(sig(j))^0.5;
end

x3=x3a;b=ba;

figure
plot(ba,x3(1,:),'w',ba,x3a(1,:),'w',ba,X,'ob',ba,x3a(1,:),'r',ba,x3a(2,:),'b',ba,x3a(3,:),'g',ba,x3a(4,
),'c',ba,x3a(5,:),'k');
%plot(ba,x3a(1,:),'k',ba,x3a(1,:),'k',ba,x,'ob',ba,x3a(1,:),'r',ba,x3a(2,:),'b',ba,x3a(3,:),'g',ba,x3a(4
,),'c',ba,x3a(5,:),'W')%,'ba,xx','*r'), % axis([-2 5 0 3000])
%axis([-2 5.5 0 1000]);
xlabel('Variável reduzida de Gumbel')
ylabel('Eto mensal provavel - mm')
title('Dados simulados - Série 1 ')
%title('Ajuste da GEV usando momen.LH e p. positions APL ')
grid
h=legend([' N =',num2str(s)], ' ', 'cheias simul.', 'Momen.- LH0', 'Momen.- LH1', 'Momen.-
LH2', 'Momen.- LH3', 'Momen.- LH4 ');%, 'cheias observ. ');
axes(h)
%break
ANEXO C – ROTINA COMPUTACIONAL UTILIZADA PARA O AJUSTE DO
MODELO DISTRIBUIÇÃO GENERALIZADA DE VALORES EXTREMOS -
MATLAB R 12.

```

continua

```

nm=input(' número de ordem do momento: ');
LH=[0 1 2 3 4];
nm=nm+1;
%kk(1)=k1;kk(2)=k2;kk(3)=k3;kk(4)=k4;kk(5)=k5;
%aa(1)=a1;aa(2)=a2;aa(3)=a3;aa(4)=a4;aa(5)=a5;
%uu(1)=u1;uu(2)=u2;uu(3)=u3;uu(4)=u4;uu(5)=u5;

```

```

Pn=linspace(min(Pa),max(Pa),100);
bb=-log(-log(Pn));

x3=uw(nm)+alfaw(nm)/kw(nm)-alfaw(nm)/kw(nm).*(-log(Pn)).^kw(nm);
p75=uw(nm)+alfaw(nm)/kw(nm)-alfaw(nm)/kw(nm).*(-log(0.25)).^kw(nm);

r=[s k(nm) alfa(nm) u(nm) CV(nm) CS(nm) CK(nm) LH(nm) z(nm) p75];
res=[res;r];
figure
plot(ba,x3a(1,:),'w',ba,x3a(1,:),'w',ba,X,'or',bb,x3,'b')
%ba,x3a(2,:),'b',ba,x3a(3,:),'g',ba,x3a(4,:),'c',ba,x3a(5,:),'W')%,ba,xx,'*r'), % axis([-2 5 0 3000])
%axis([-2 9 1*10^4 4.5*10^4])
xlabel('variável reduzida de Gumbel')
ylabel('Eto mensal provavel - mm')
%ylabel('vazão - m3/s')
title(['Mes ',num2str(t)])
%title('Dados simulados - Série 2 ')
%title('Ajuste da GEV usando momen.LH e p. positions APL ')
%grid
h=legend([' N = ',num2str(s)], ' ', 'Eto obsevada', ['GEV-mom. LH',num2str(LH(nm))], [' k = ',num2str(kw(nm))], [' alfa = ',num2str(alfaw(nm))], [' u = ',num2str(uw(nm))], [' Zw = ',num2str(z(nm))], ' Zt(0,05)= 1.96',4); %, 'Momen.- LH3', 'Momen.- LH4 '); %, 'cheias observ. ');
%h=legend([' N = ',num2str(s)], ' ', 'vazão simulada', 'GEV - ajustada ', [' k = ',num2str(kw(n))], [' alfa = ',num2str(alfaw(n))], [' u = ',num2str(uw(n))]); %, 'Momen.- LH3', 'Momen.- LH4 '); %, 'cheias observ. ');
%h=legend([' N = ',num2str(s)], ' ', 'pico de cheia ', 'GEV - ajustada ', [' k = ',num2str(kw(n))], [' alfa = ',num2str(alfaw(n))], [' u = ',num2str(uw(n))]); %, 'Momen.- LH3', 'Momen.- LH4 '); %, 'cheias observ. ');
axes(h)
end
%=====
save resgevestal1 res
%=====

break

%par=[k;alfa;u;CV;CS;CK;z];
%[zm nm]=min(z);
%res=[s k(nm) alfa(nm) u(nm) CV(nm) CS(nm) CK(nm) nm z(nm)];
ni=1;

k1=sprintf('%3.4f',kw(1));k2=sprintf('%3.4f',kw(2));k3=sprintf('%3.4f',kw(3));k4=sprintf('%3.4f',kw(4));k5=sprintf('%3.4f',kw(5));
ANEXO C – ROTINA COMPUTACIONAL UTILIZADA PARA O AJUSTE DO MODELO DISTRIBUIÇÃO GENERALIZADA DE VALORES EXTREMOS - MATLAB R 12.

```

continua

```

a1=sprintf('%5.0f',alfaw(1));a2=sprintf('%5.0f',alfaw(2));a3=sprintf('%5.0f',alfaw(3));a4=sprintf('%5.0f',alfaw(4));a5=sprintf('%5.0f',alfaw(5));
u1=sprintf('%5.0f',uw(1));u2=sprintf('%5.0f',uw(2));u3=sprintf('%5.0f',uw(3));u4=sprintf('%5.0f',uw(4));u5=sprintf('%5.0f',uw(5));

```

```

cv1=sprintf('%3.3f',cv(1));cv2=sprintf('%3.3f',cv(2));cv3=sprintf('%3.3f',cv(3));cv4=sprintf('%3
.3f',cv(4));cv5=sprintf('%3.3f',cv(5));
ca1=sprintf('%3.3f',ca(1));ca2=sprintf('%3.3f',ca(2));ca3=sprintf('%3.3f',ca(3));ca4=sprintf('%3.
3f',ca(4));ca5=sprintf('%3.3f',ca(5));
cc1=sprintf('%3.3f',cc(1));cc2=sprintf('%3.3f',cc(2));cc3=sprintf('%3.3f',cc(3));cc4=sprintf('%3.
3f',cc(4));cc5=sprintf('%3.3f',cc(5));
z1=sprintf('%3.4f',z(1));z2=sprintf('%3.4f',z(2));z3=sprintf('%3.4f',z(3));z4=sprintf('%3.4f',z(4)
);z5=sprintf('%3.4f',z(5));

```

```

%-----Figuras-----

```

```

LH=[0 1 2 3 4];

```

```

fig1 = figure('pos', [30 150 500 300]);
set(gca,'Visible','off');
y0 = 1.02;
dz = 0.15;
dy = 0.06;
text(0.30,1.02,'Tabela de Resultados')
text(-0.12,0.96,'=====')
text(-0.1,0.90,'      Parâmetros da GEV      Taxas de momentos LH      Teste')
text(-0.1,0.85,' LH ----- de')
text(-0.05,0.80,'      k      alfa      u      cv      ca      ck      Wang')
text(-0.1,0.75,'=====')
text(-0.1,0.65,[' ',num2str(LH(1)),' ',num2str(k1),' ',num2str(a1),' ',num2str(u1),'
',num2str(cv1),' ',num2str(ca1),' ',num2str(cc1),' ',num2str(z1)])
text(-0.1,0.58,[' ',num2str(LH(2)),' ',num2str(k2),' ',num2str(a2),' ',num2str(u2),'
',num2str(cv2),' ',num2str(ca2),' ',num2str(cc2),' ',num2str(z2)])
text(-0.1,0.51,[' ',num2str(LH(3)),' ',num2str(k3),' ',num2str(a3),' ',num2str(u3),'
',num2str(cv3),' ',num2str(ca3),' ',num2str(cc3),' ',num2str(z3)])
text(-0.1,0.44,[' ',num2str(LH(4)),' ',num2str(k4),' ',num2str(a4),' ',num2str(u4),'
',num2str(cv4),' ',num2str(ca4),' ',num2str(cc4),' ',num2str(z4)])
text(-0.1,0.37,[' ',num2str(LH(5)),' ',num2str(k5),' ',num2str(a5),' ',num2str(u5),'
',num2str(cv5),' ',num2str(ca5),' ',num2str(cc5),' ',num2str(z5)])
text(-0.1,0.27,['      Tamanho da amostra n = ',num2str(s)])
text(-0.12,0.20,'=====')
text(-0.1,0.13,' k - parâmetro de forma      cv - coef. de variação')
text(-0.1,0.07,' alfa- parâm. de escala      ca - coef. de assimetria')
text(-0.1,0.01,' u - posicionamento      ck - coef. de curtose')
text(-0.1,-0.10,'      "aperte uma tecla para ver os gráficos"')

```

```

pause

```

```

x3=x3a;b=ba;

```

```

figure

```

```

plot(ba,x3a(1,:),'w',ba,x3a(1,:),'w',ba,X,'ob',ba,x3a(1,:),'r',ba,x3a(2,:),'b',ba,x3a(3,:),'g',ba,x3a(4,:
),'c',ba,x3a(5,:),'k');

```

**ANEXO C – ROTINA COMPUTACIONAL UTILIZADA PARA O AJUSTE DO MODELO DISTRIBUIÇÃO GENERALIZADA DE VALORES EXTREMOS - MATLAB R 12.**

conclusão

```

%plot(ba,x3a(1,:),'k',ba,x3a(1,:),'k',ba,x,'ob',ba,x3a(1,:),'r',ba,x3a(2,:),'b',ba,x3a(3,:),'g',ba,x3a(4
,:),'c',ba,x3a(5,:),'W')% ,ba,xx,*r'), % axis([-2 5 0 3000])

```

```

%axis([-2 5.5 0 1000]);

```

```

xlabel('Variável reduzida de Gumbel')

```

```

ylabel('Eto mensal provavel - mm')

```

```

title('Dados simulados - Série 1 ')
%title('Ajuste da GEV usando momen.LH e p. positions APL ')
grid
h=legend([' N = ',num2str(s)], ' ', 'cheias simul.', 'Momen.- LH0', 'Momen.- LH1', 'Momen.-
LH2', 'Momen.- LH3', 'Momen.- LH4 ');%, 'cheias observ. ');
axes(h)

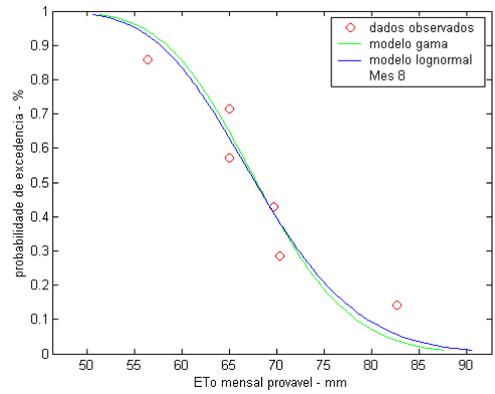
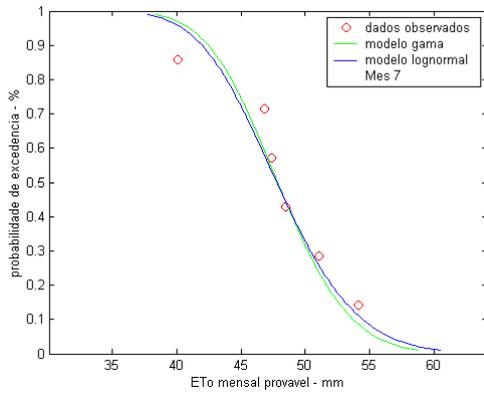
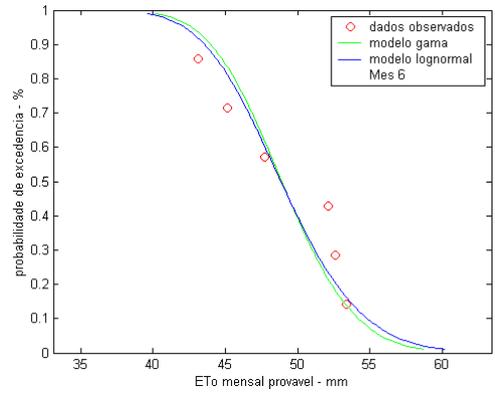
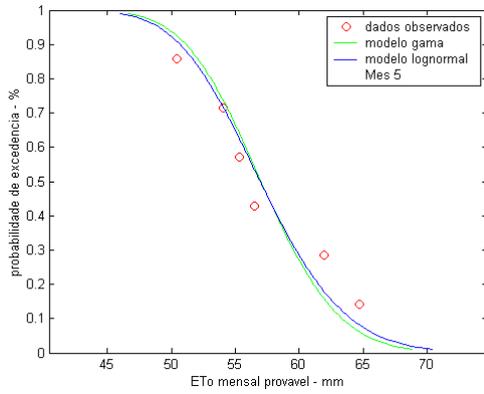
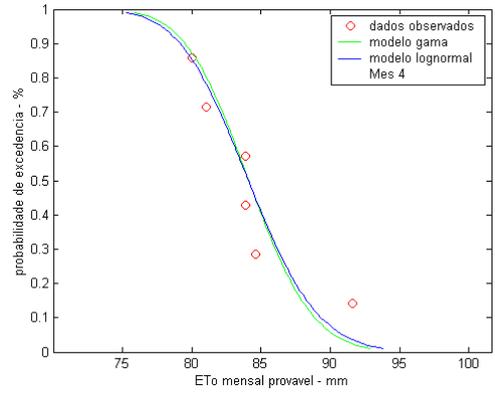
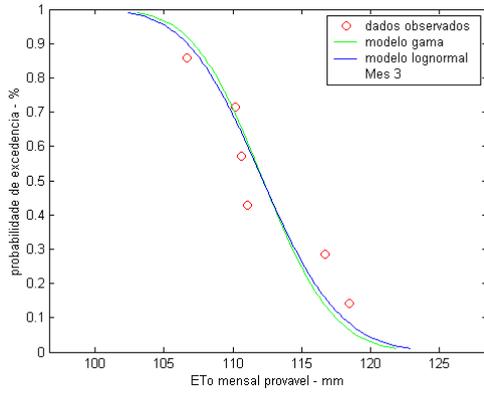
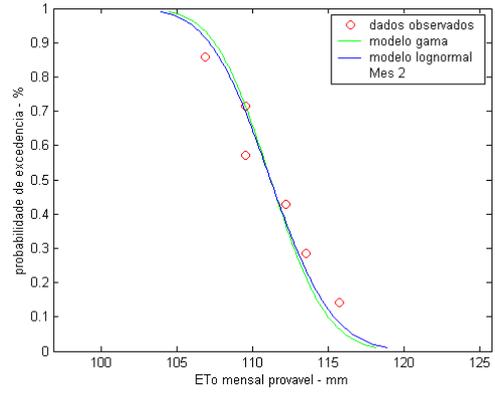
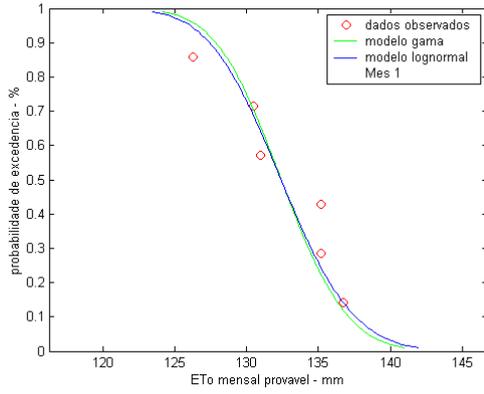
%break
nm=input(' número de ordem do momento: ');
nm=nm+1;
%kk(1)=k1;kk(2)=k2;kk(3)=k3;kk(4)=k4;kk(5)=k5;
%aa(1)=a1;aa(2)=a2;aa(3)=a3;aa(4)=a4;aa(5)=a5;
%uu(1)=u1;uu(2)=u2;uu(3)=u3;uu(4)=u4;uu(5)=u5;
Pn=linspace(min(Pa),max(Pa),100);
bb=-log(-log(Pn));
res=[s k(nm) alfa(nm) u(nm) CV(nm) CS(nm) CK(nm) nm z(nm)];
%for j=1:100
x3=uw(nm)+alfaw(nm)/kw(nm)-alfaw(nm)/kw(nm).*(-log(Pn)).^kw(nm);
%end

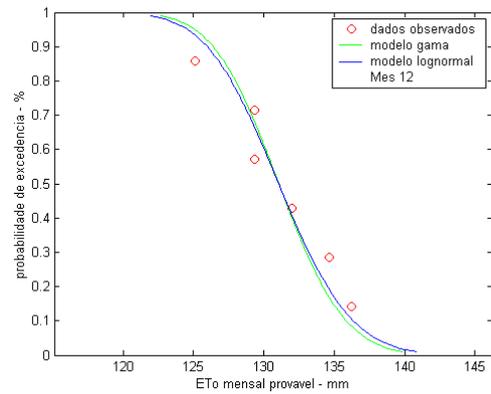
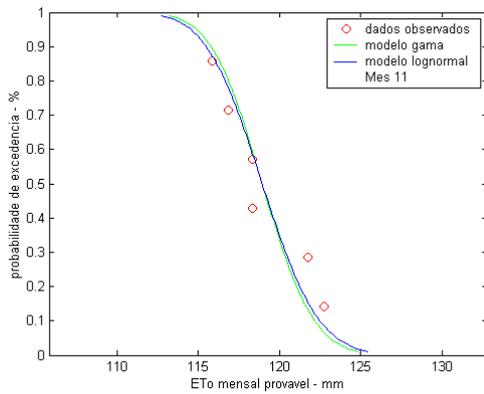
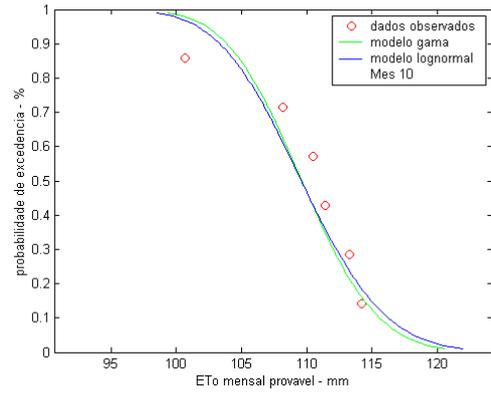
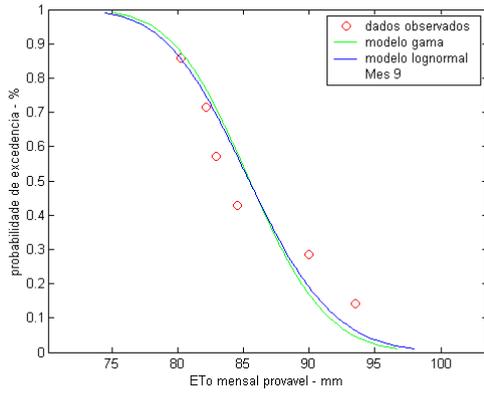
figure
plot(ba,x3a(1,:),'.w',ba,x3a(1,:),'.w',ba,X,'or',bb,x3,'b')
%ba,x3a(2,:),'.b',ba,x3a(3,:),'.g',ba,x3a(4,:),'.c',ba,x3a(5,:),'.W')%,ba,xx,'*r'), % axis([-2 5 0 3000])
%axis([-2 9 1*10^4 4.5*10^4])
xlabel('variável reduzida de Gumbel')
ylabel('Eto mensal provavel - o^C')
%ylabel('vazão - m3/s')
%title(' Ajuste da GEV às Vazões Máximas')
%title('Dados simulados - Série 2 ')
%title('Ajuste da GEV usando momen.LH e p. positions APL ')
%grid
h=legend([' N = ',num2str(s)], ' ', 'Eto obsevada', ['GEV-mom. LH',num2str(LH(nm))], [' k =
',num2str(kw(nm))], [' alfa = ',num2str(alfaw(nm))], [' u = ',num2str(uw(nm))], [' Zw=
',num2str(z(nm))], ' Zt(0,05)= 1.96'); %, 'Momen.- LH3', 'Momen.- LH4 ');%, 'cheias observ. ');
%h=legend([' N = ',num2str(s)], ' ', 'vazão simulada', 'GEV - ajustada ', [' k =
',num2str(kw(n))], [' alfa = ',num2str(alfaw(n))], [' u = ',num2str(uw(n))]); %, 'Momen.-
LH3', 'Momen.- LH4 ');%, 'cheias observ. ');
%h=legend([' N = ',num2str(s)], ' ', 'pico de cheia ', 'GEV - ajustada ', [' k = ',num2str(kw(n))], ['
alfa = ',num2str(alfaw(n))], [' u = ',num2str(uw(n))]); %, 'Momen.- LH3', 'Momen.- LH4
');%, 'cheias observ. ');
axes(h)
%=====
%save reseat1 res
%save parest1 par
%=====

```

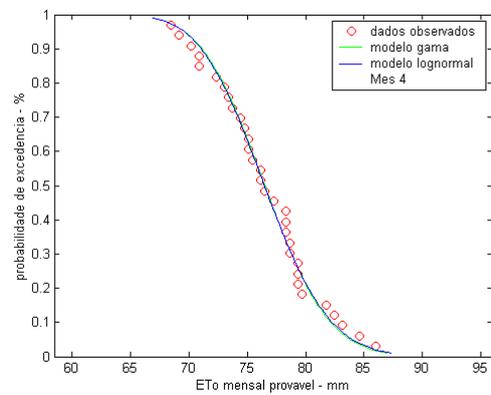
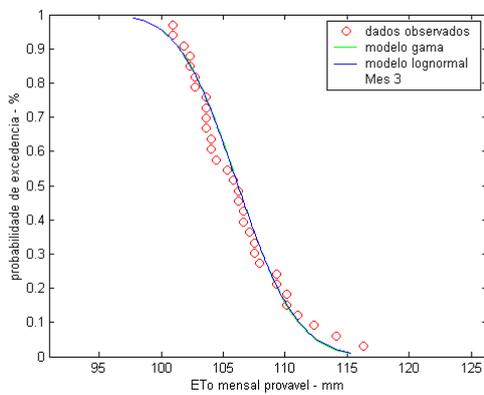
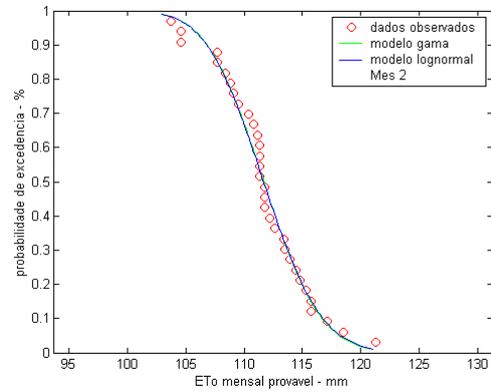
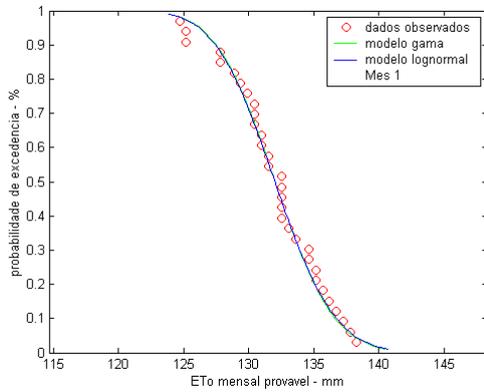
## ANEXO E - GRÁFICO DO AJUSTE DOS MODELOS PROBABILÍSTICOS TEÓRICOS GAMA E LOGNORMAL PARA AS ESTAÇÕES ESTUDADAS

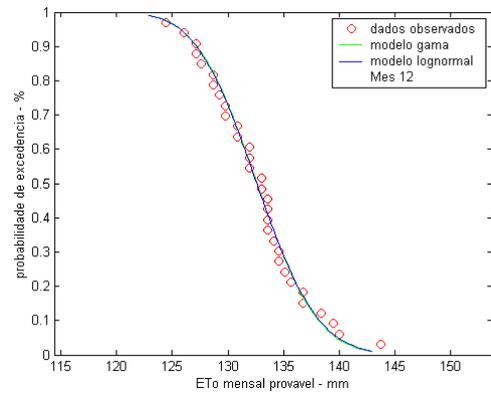
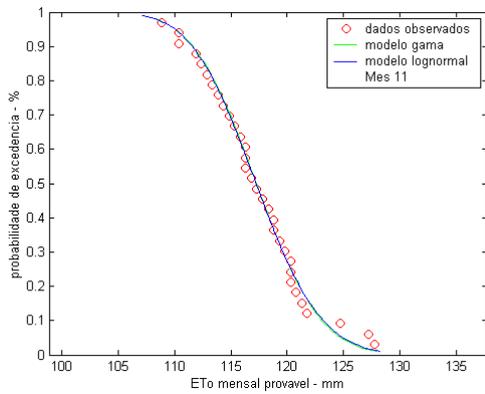
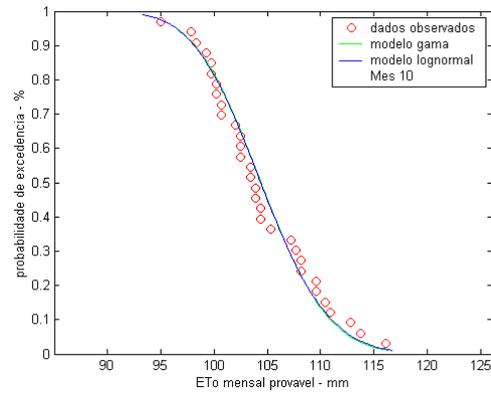
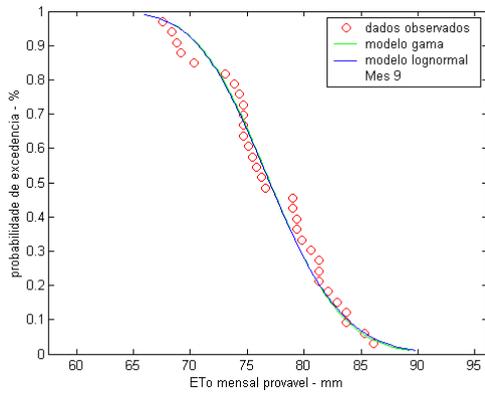
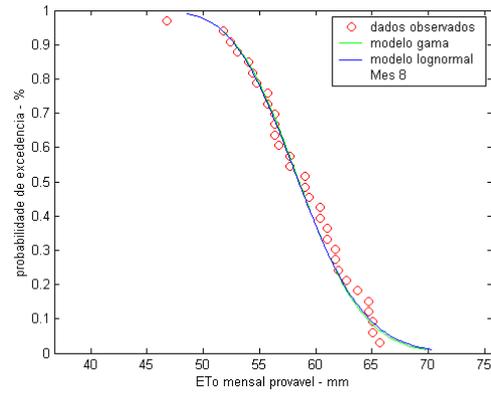
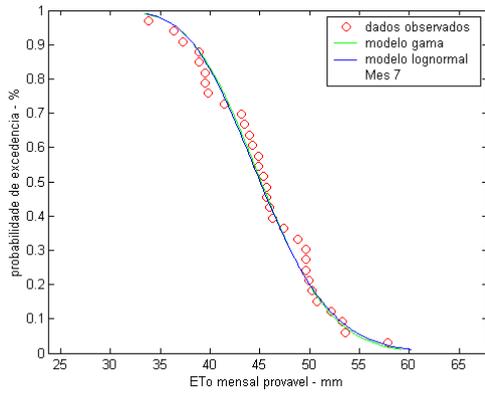
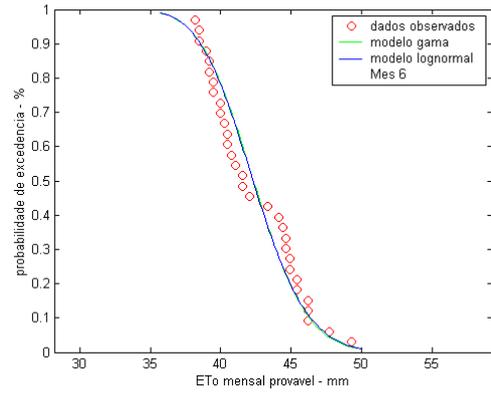
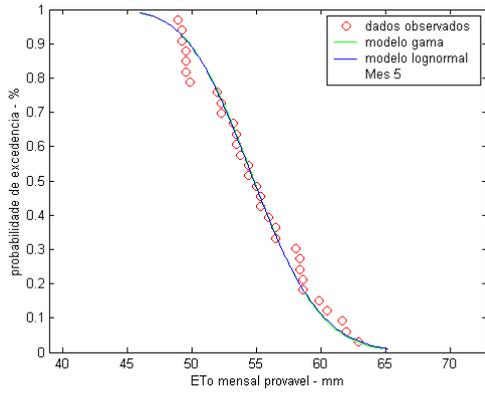
# Estação 1



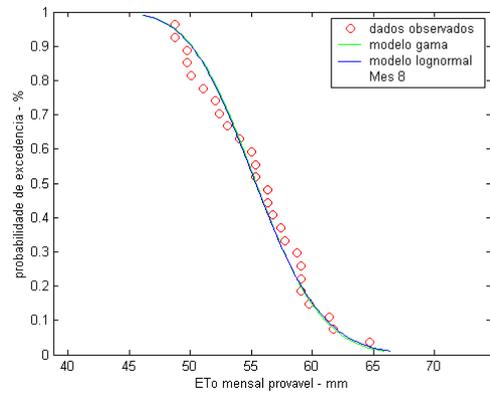
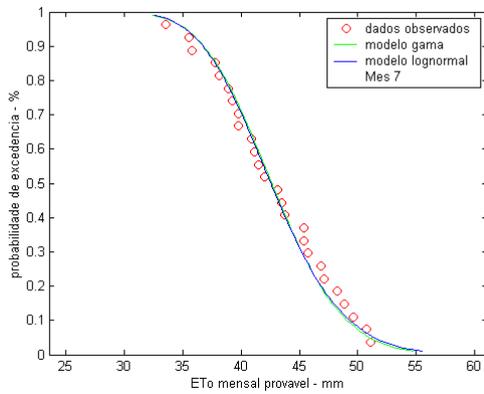
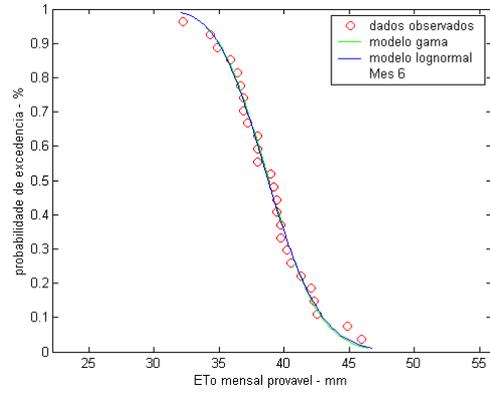
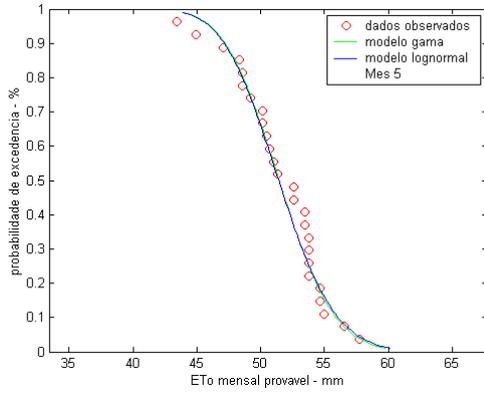
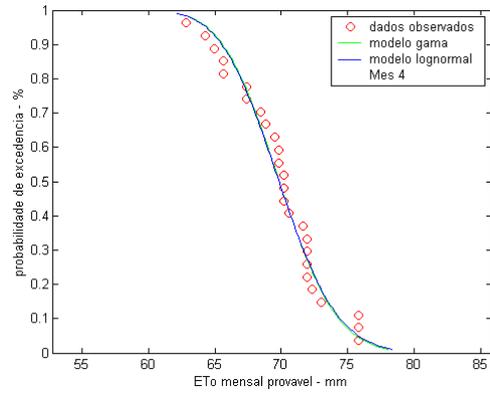
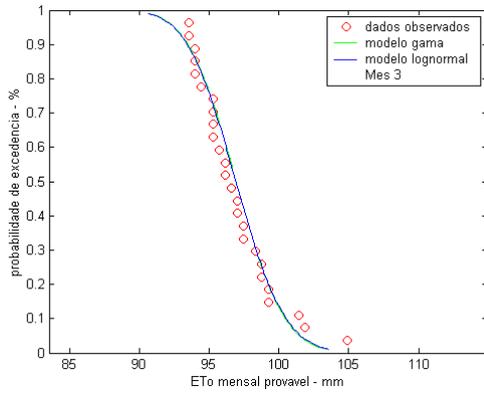
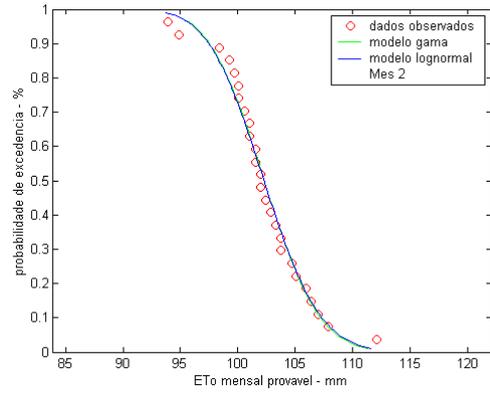
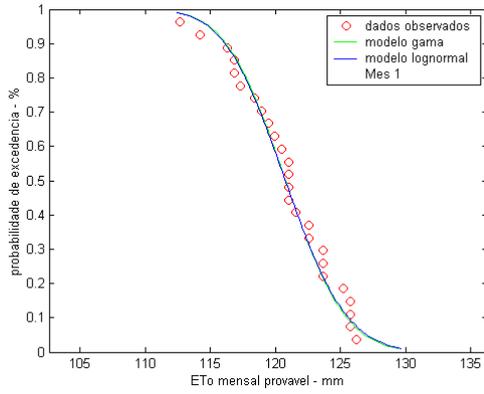


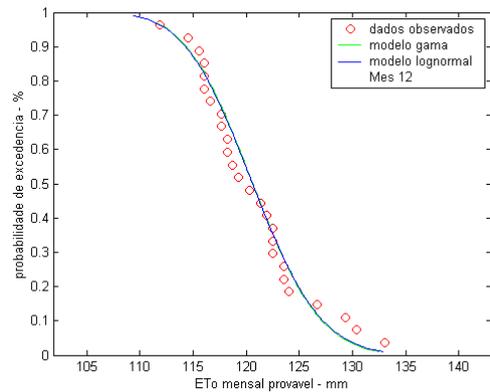
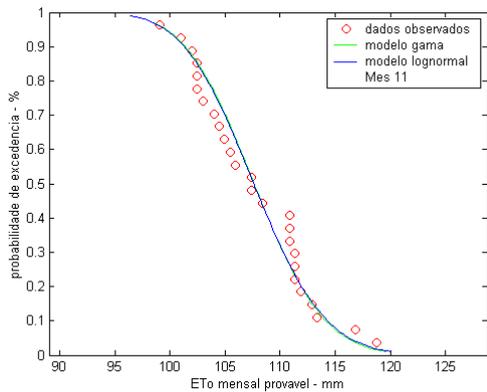
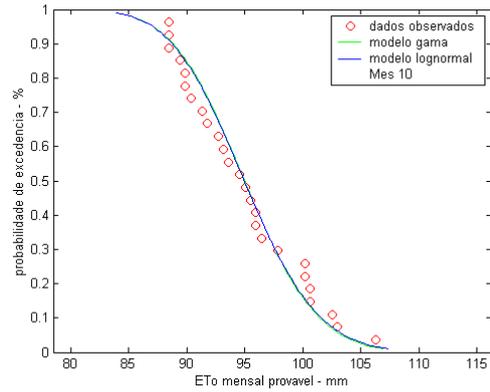
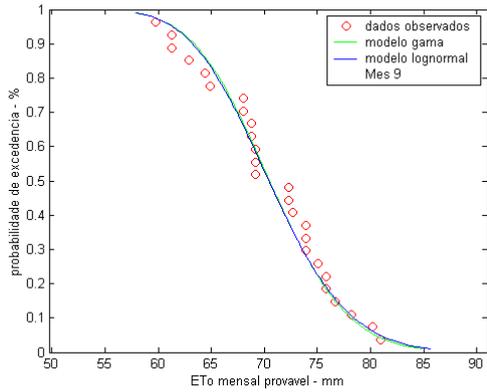
## Estação 2



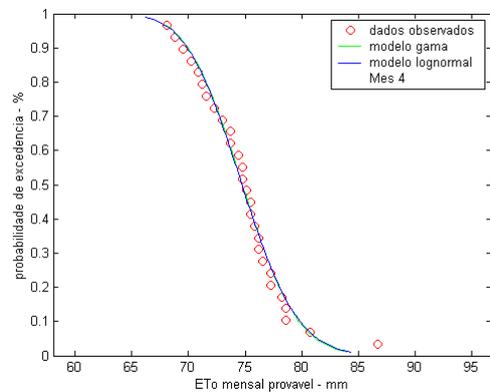
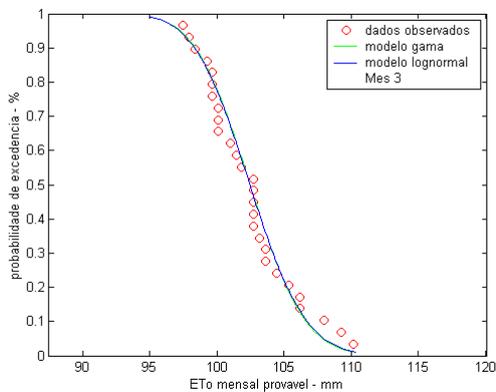
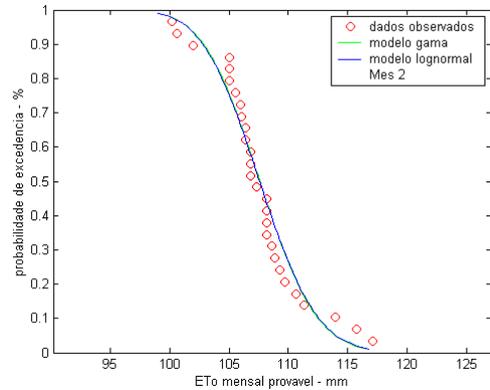
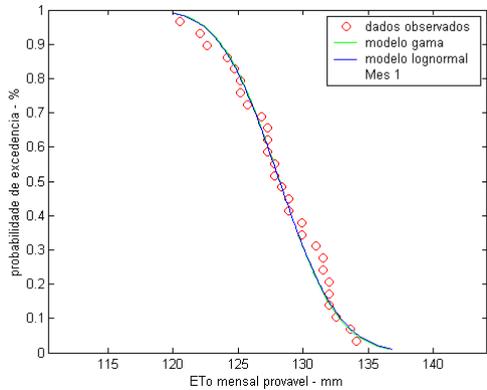


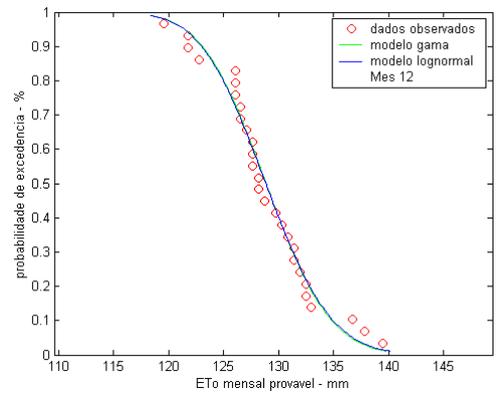
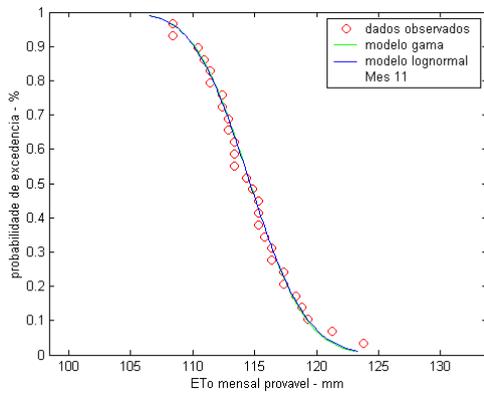
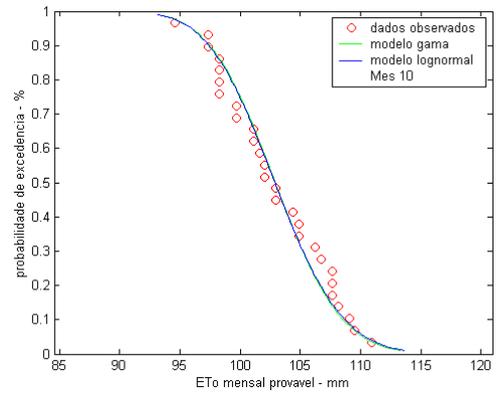
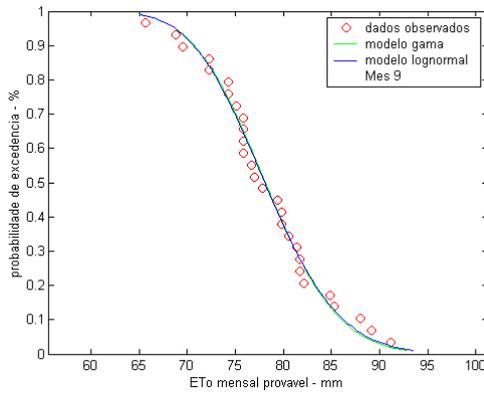
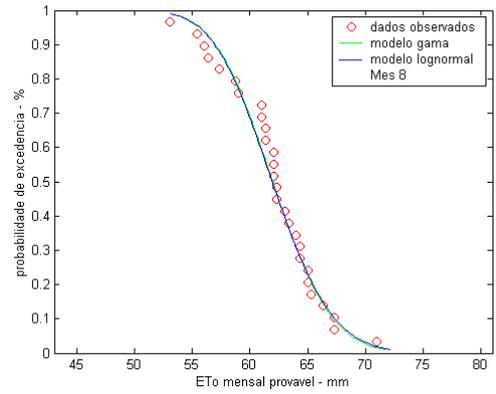
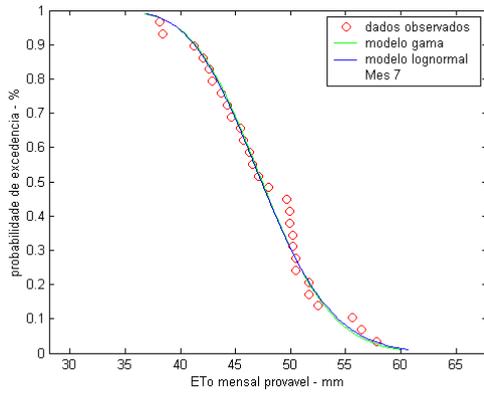
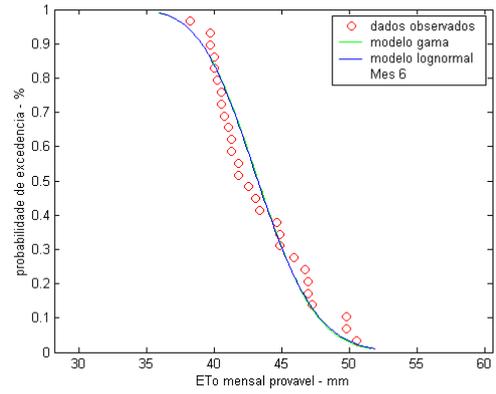
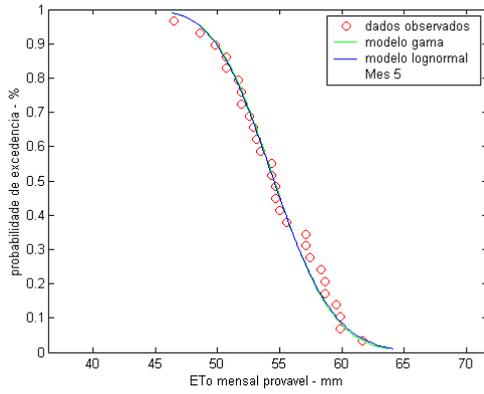
### Estação 3:



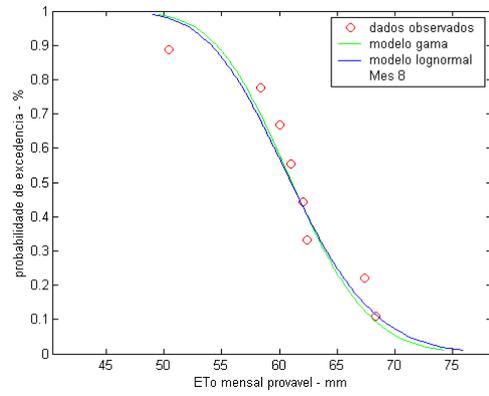
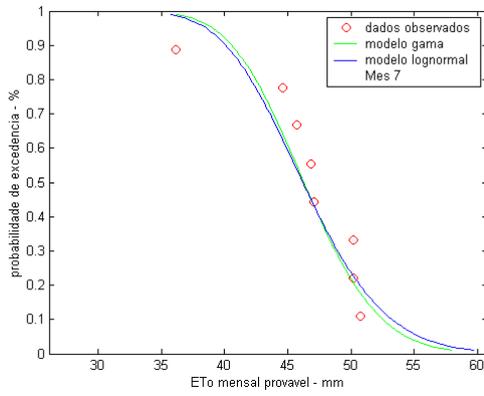
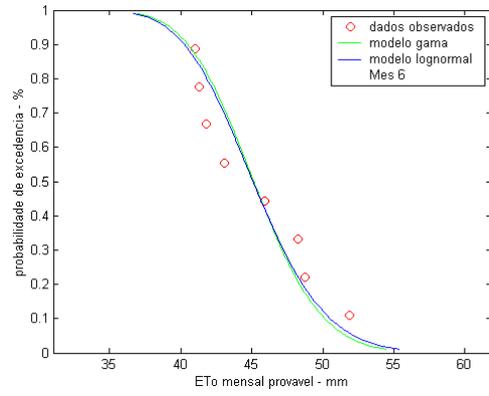
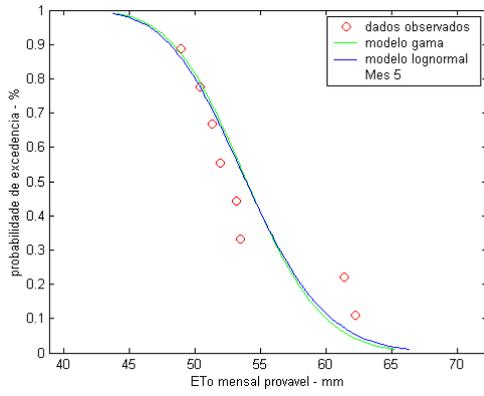
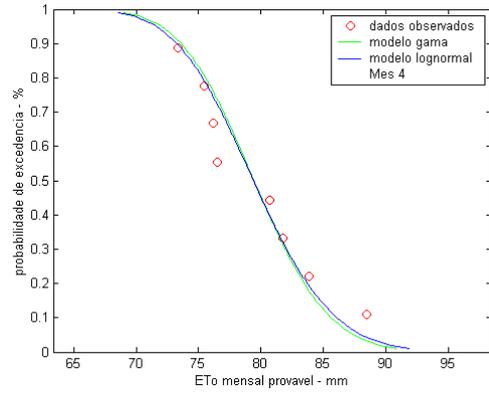
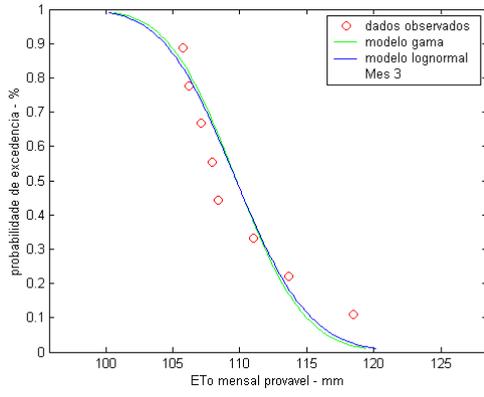
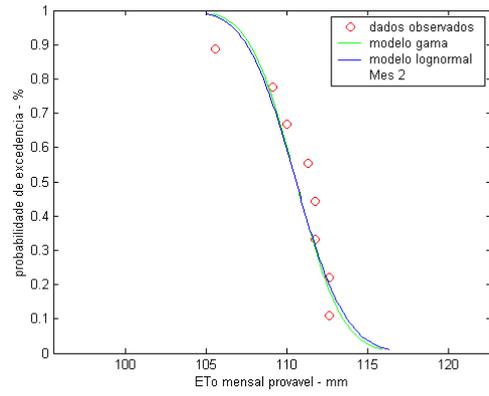
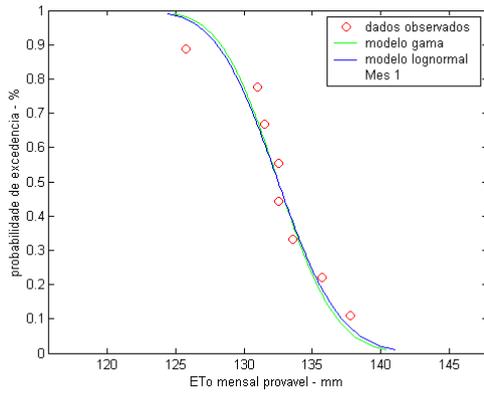


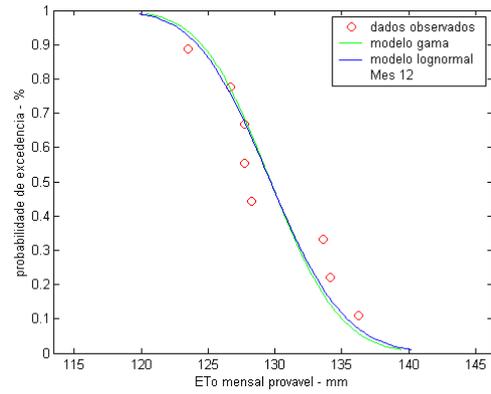
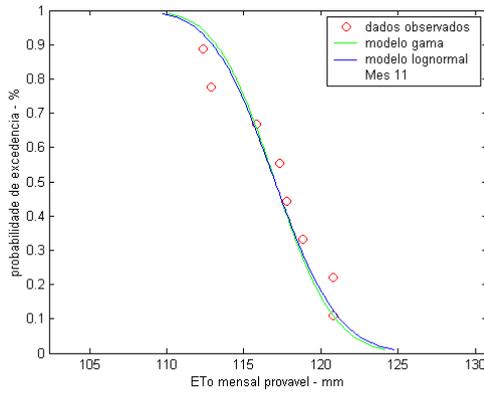
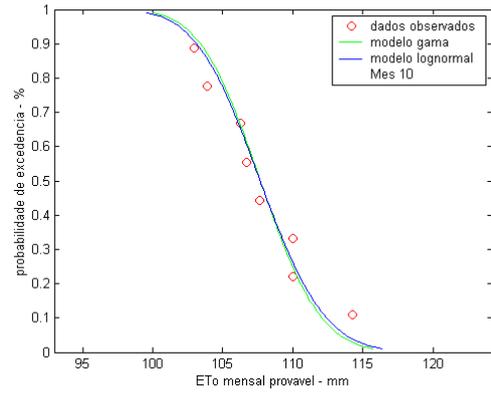
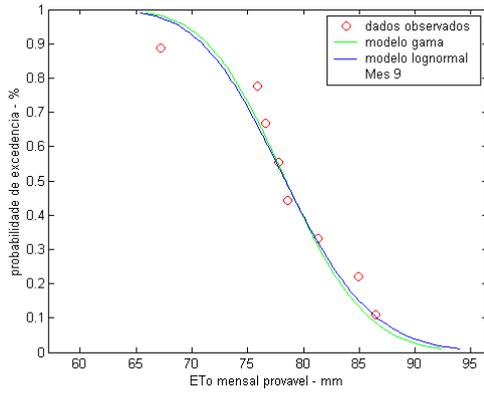
#### Estação 4:



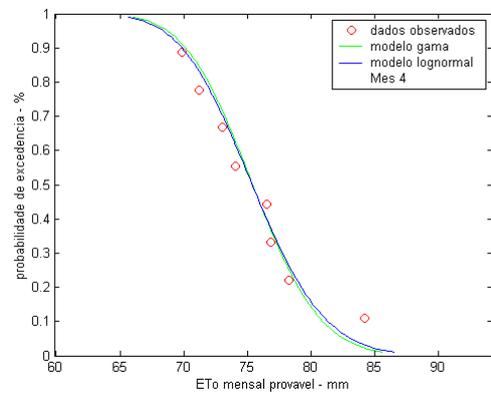
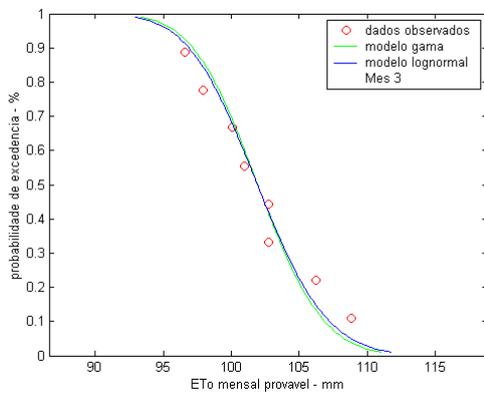
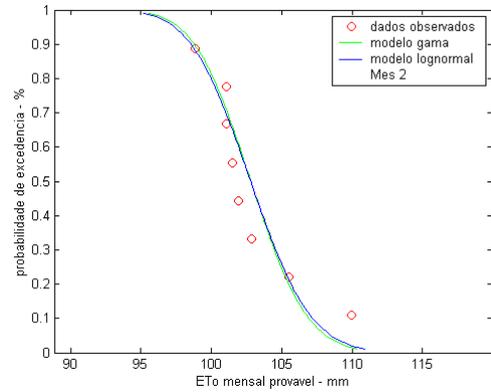
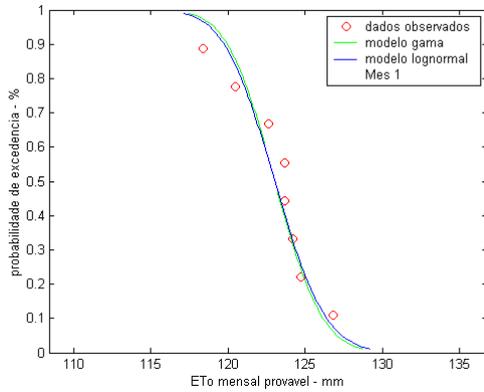


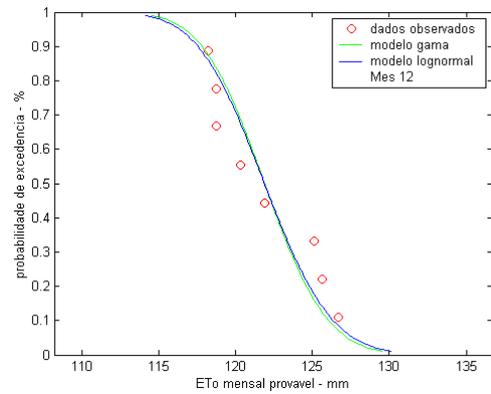
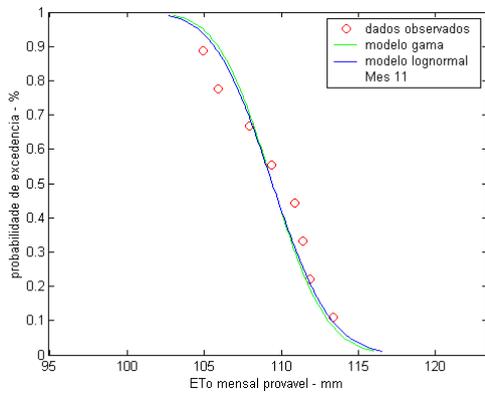
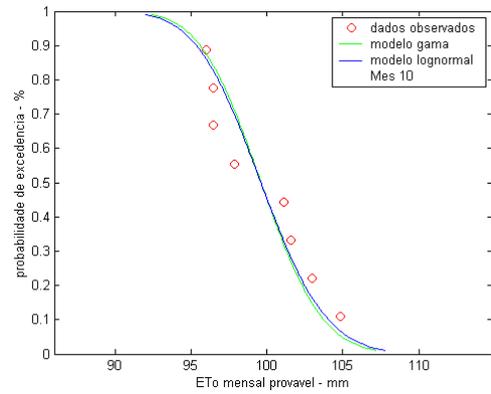
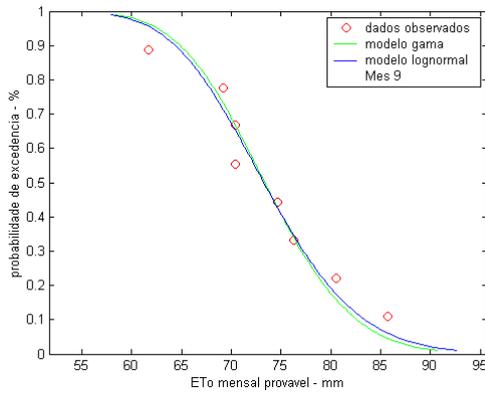
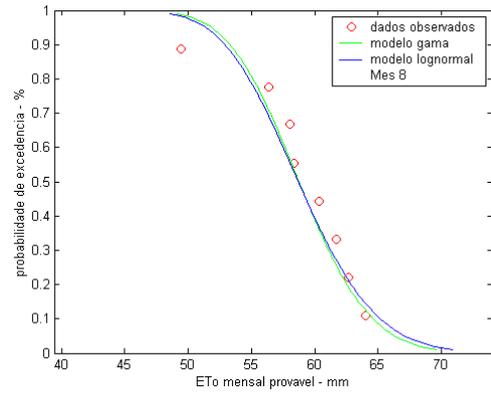
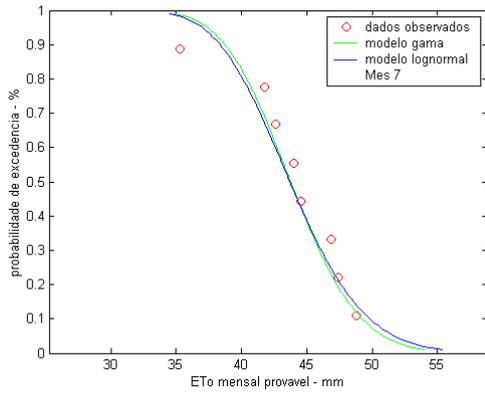
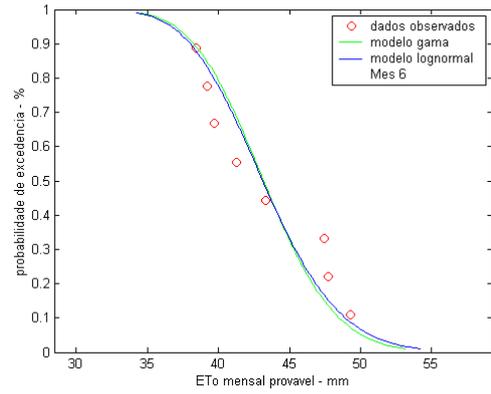
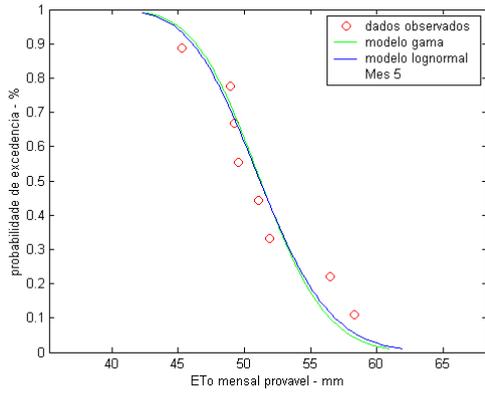
## Estação 5:



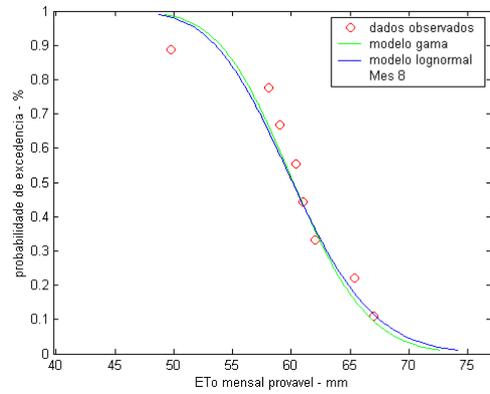
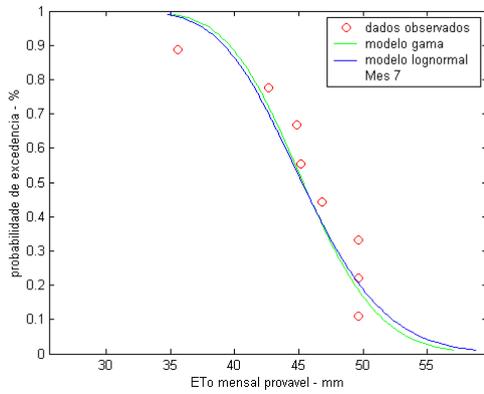
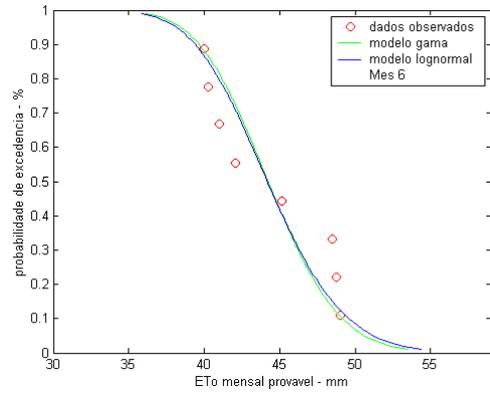
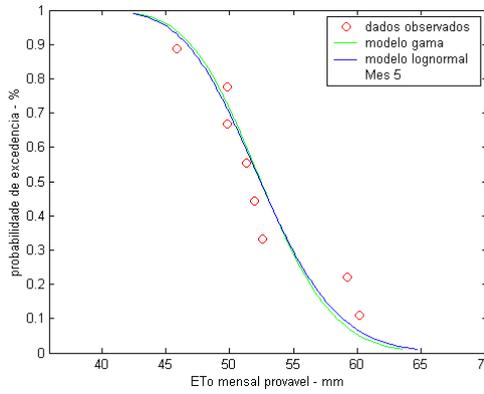
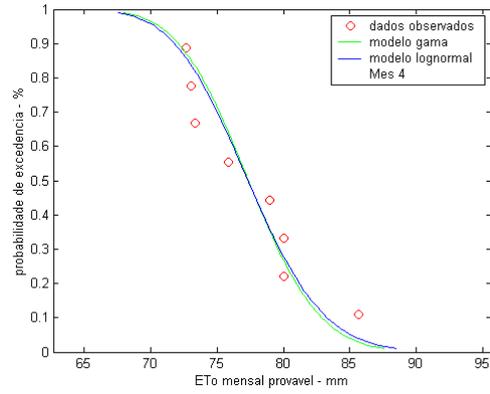
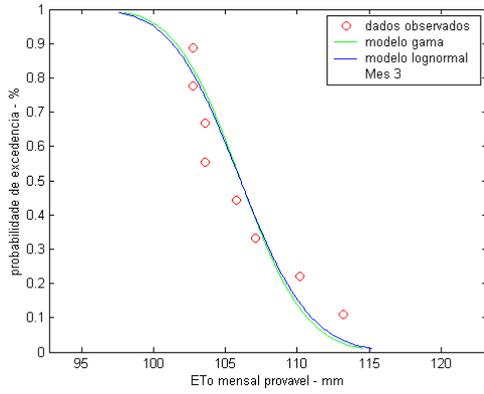
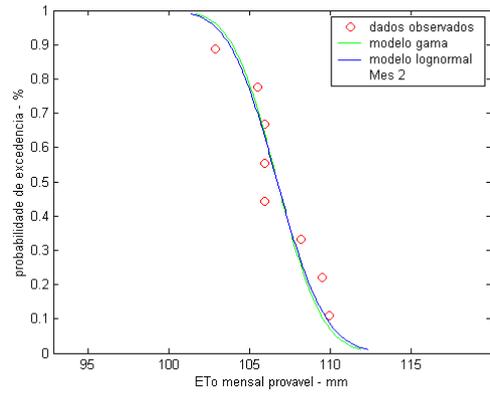
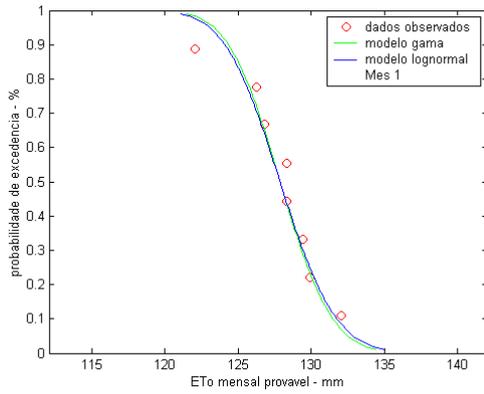


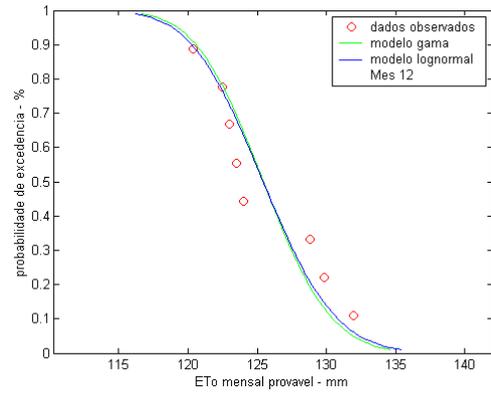
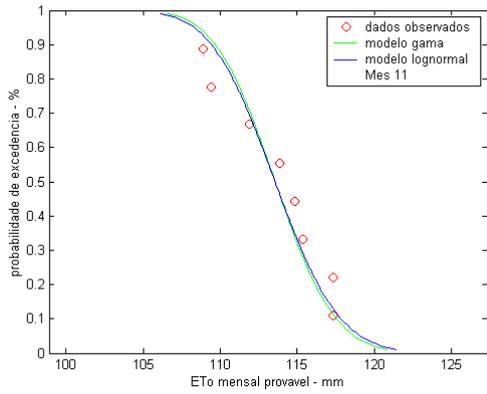
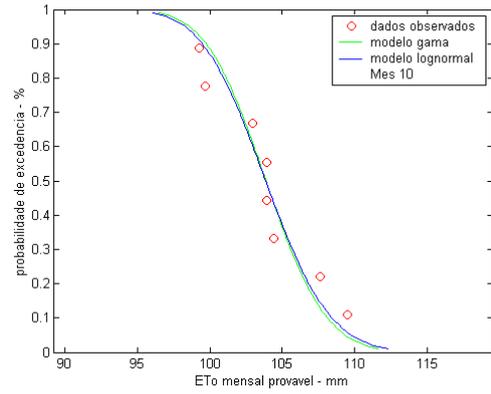
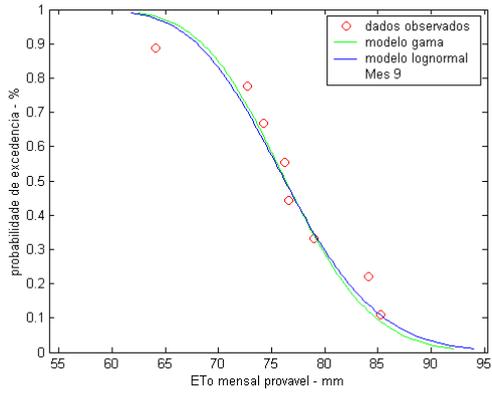
**Estação 6:**



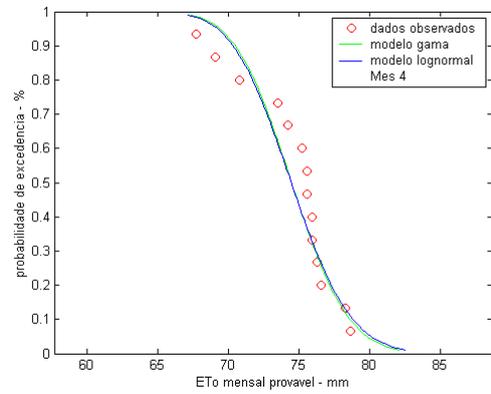
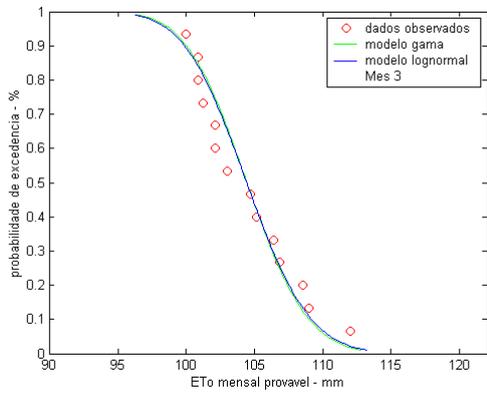
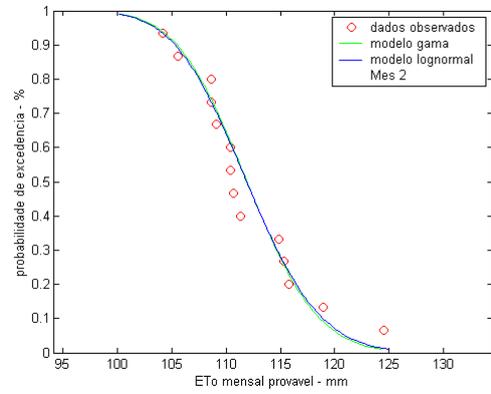
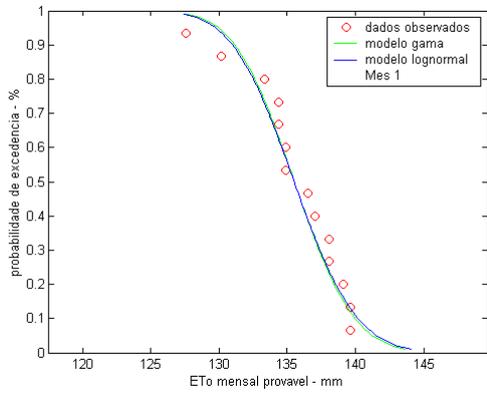


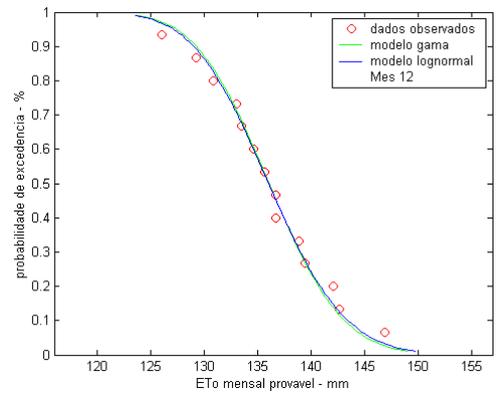
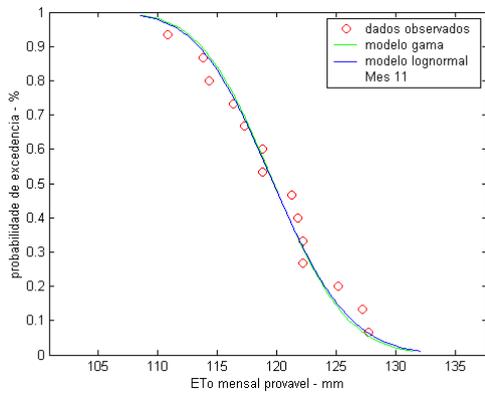
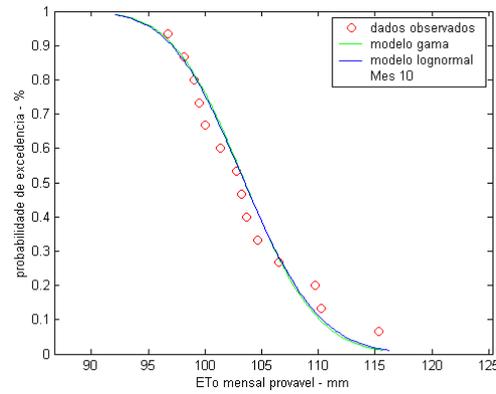
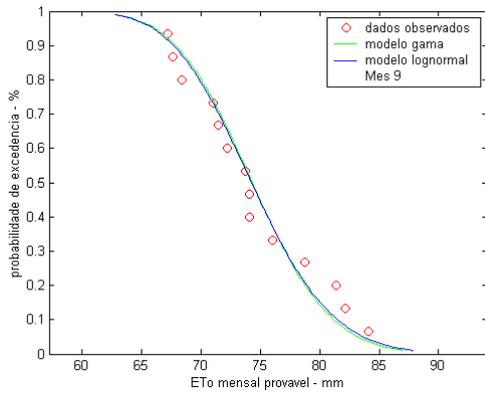
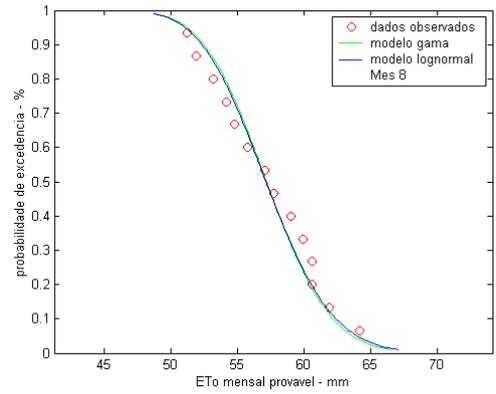
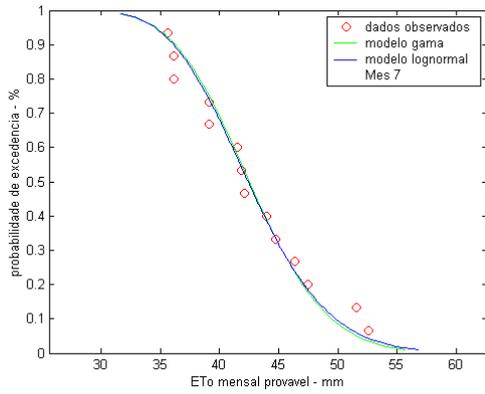
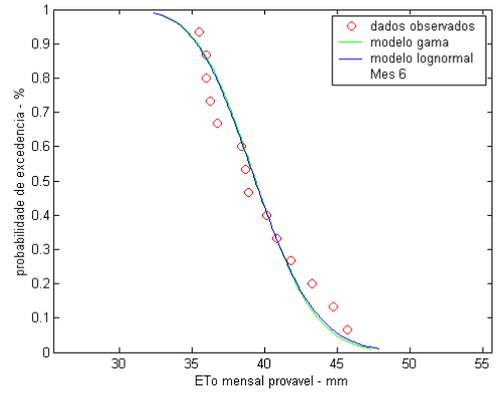
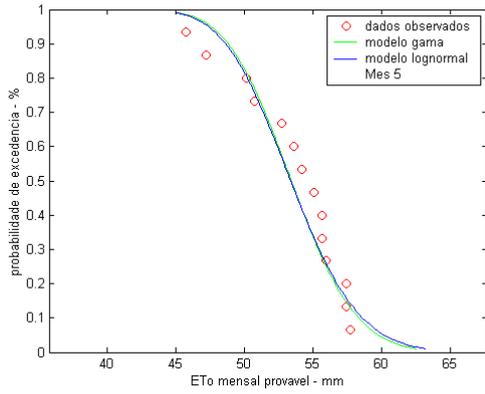
## Estação 7:



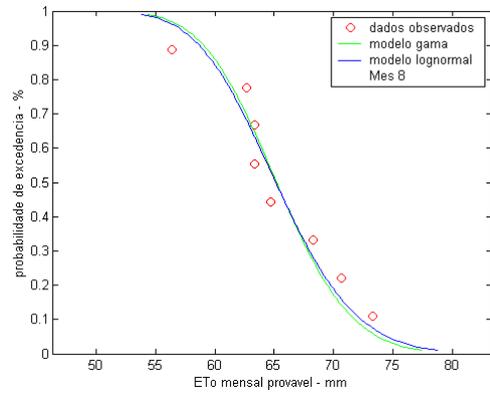
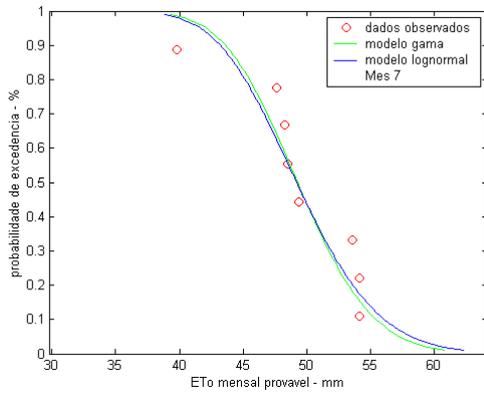
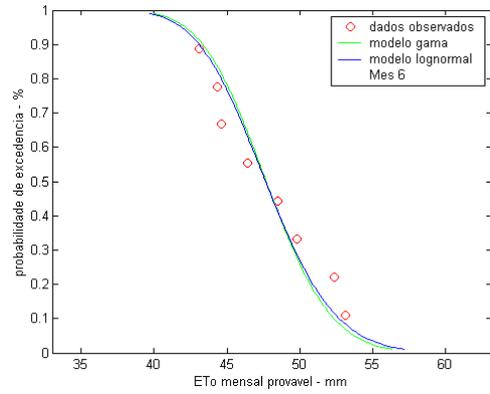
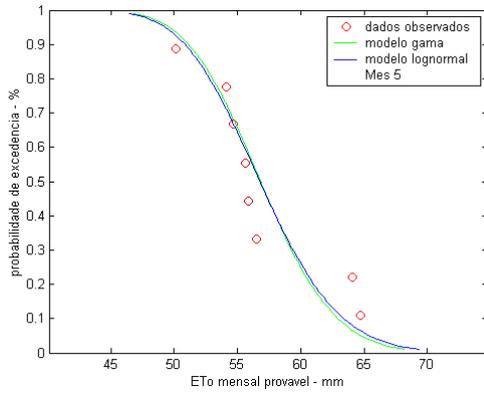
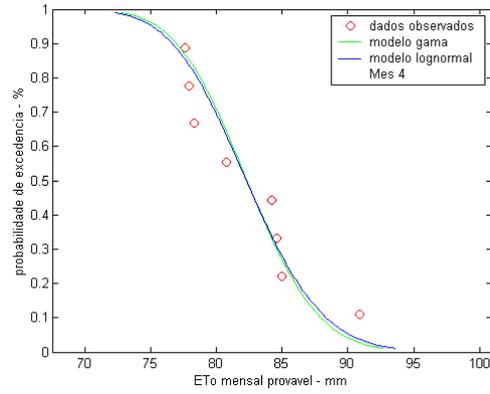
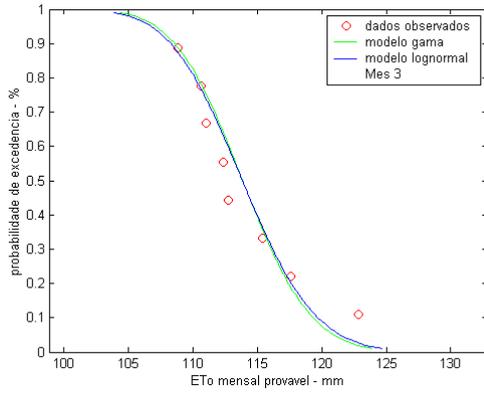
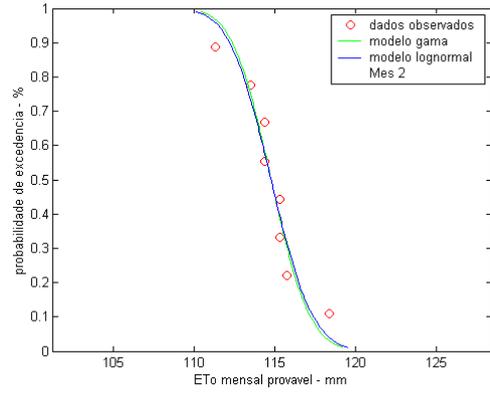
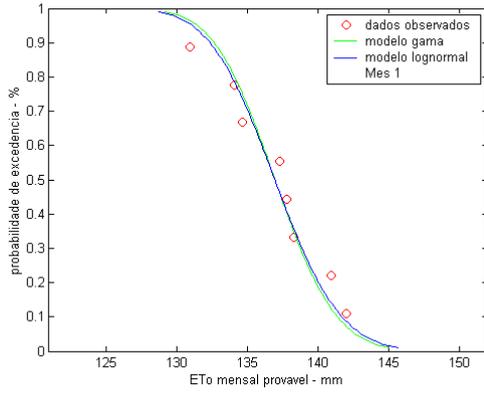


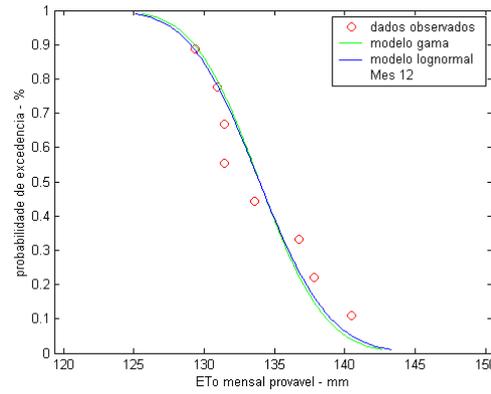
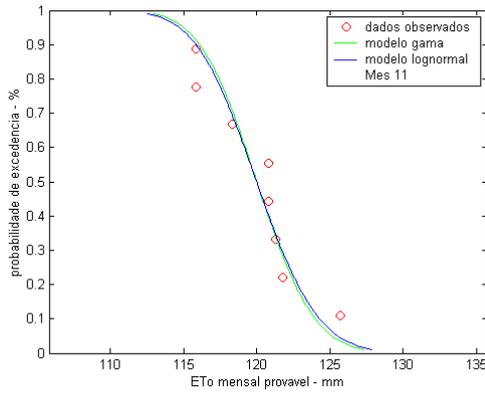
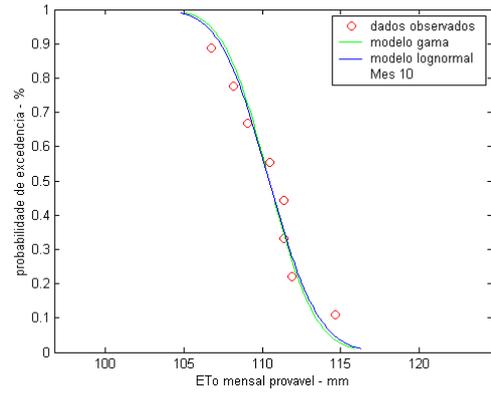
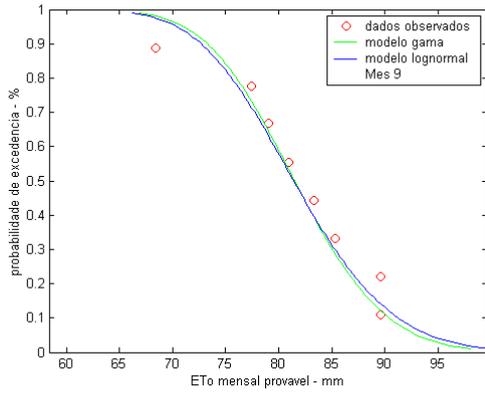
**Estação 8:**



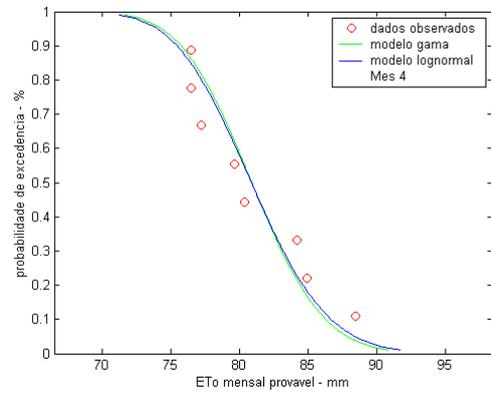
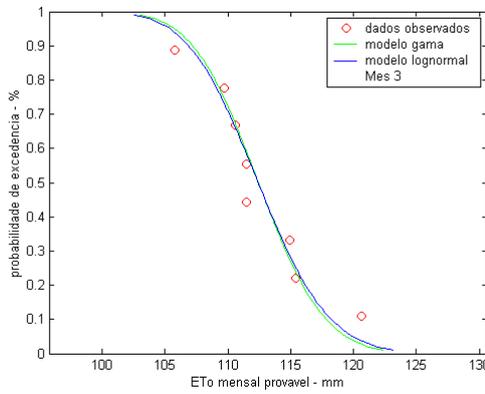
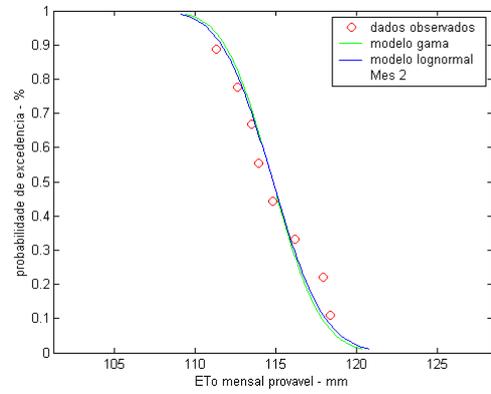
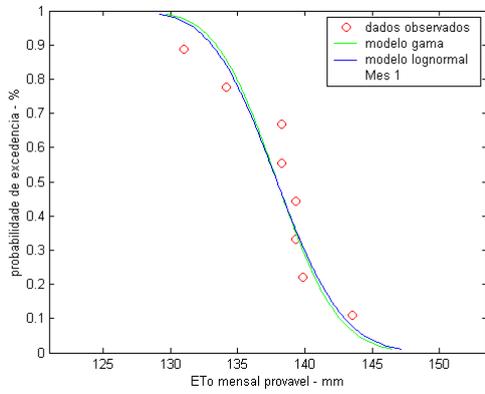


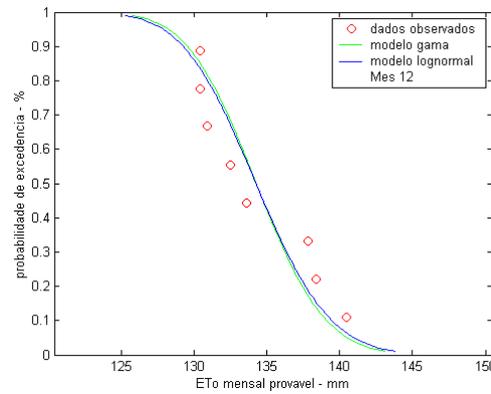
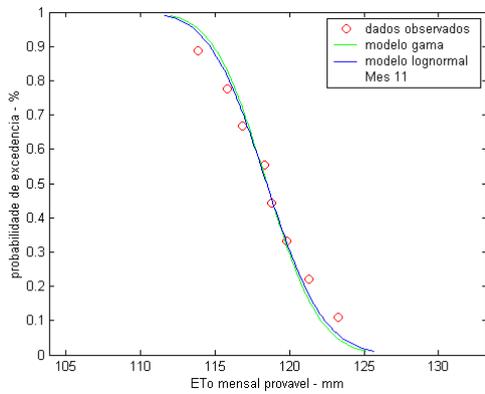
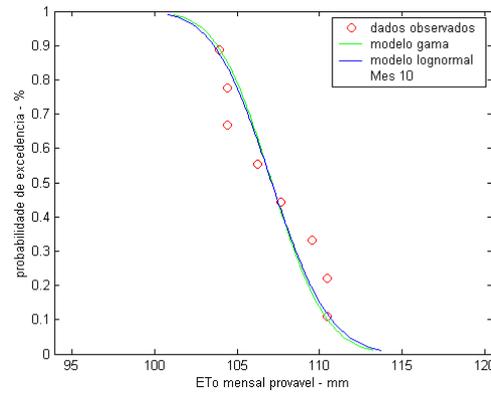
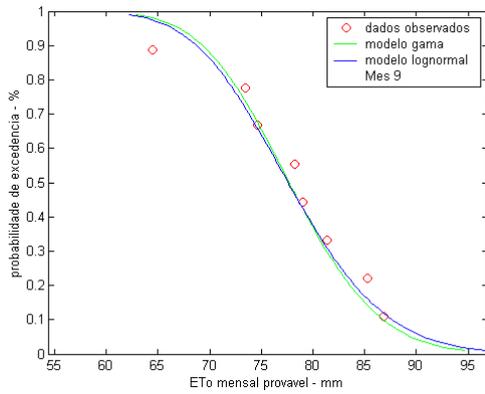
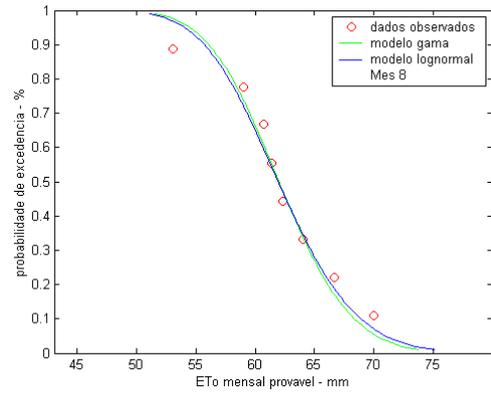
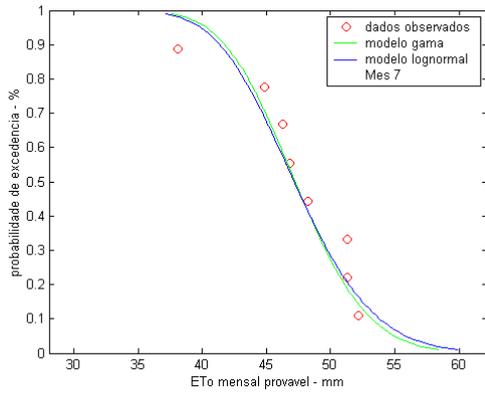
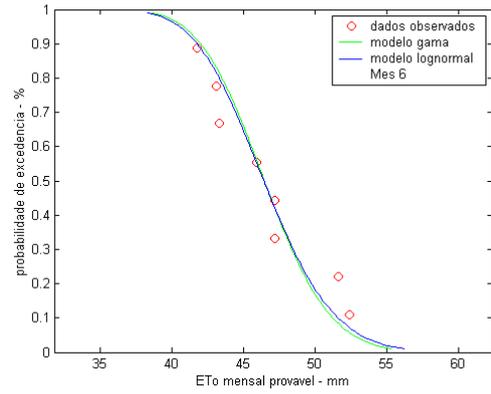
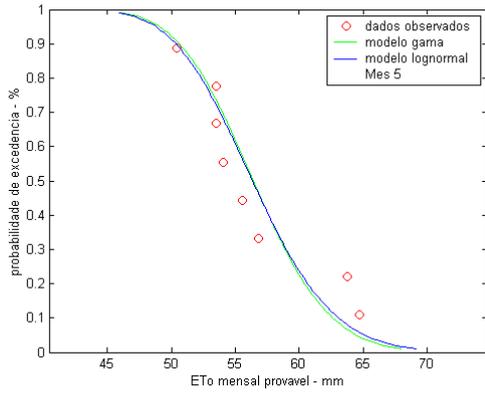
## Estação 9:



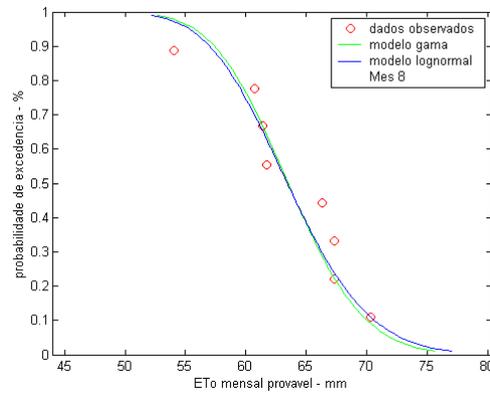
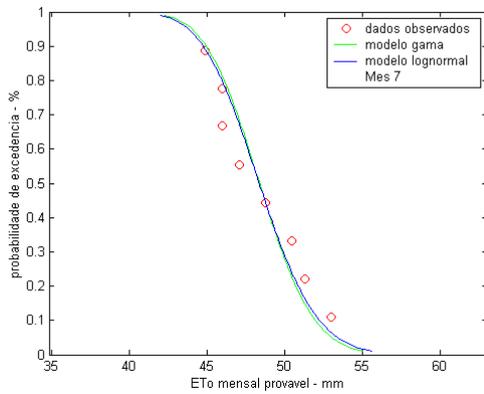
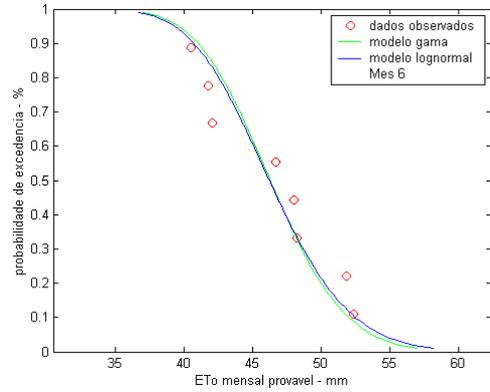
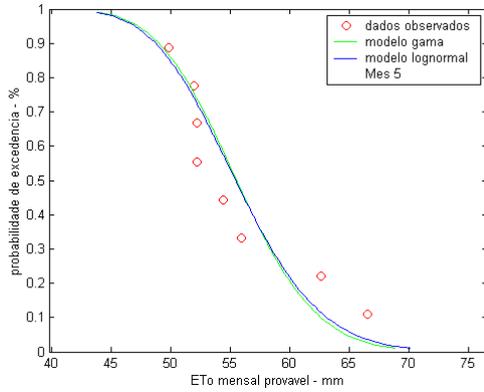
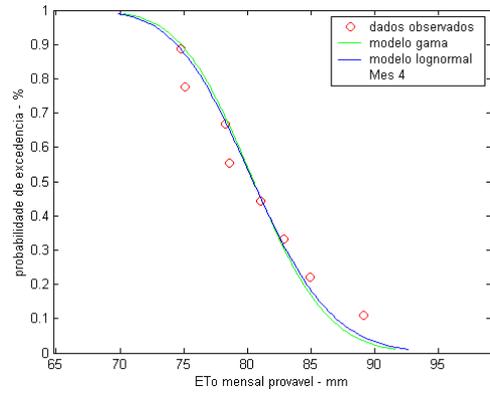
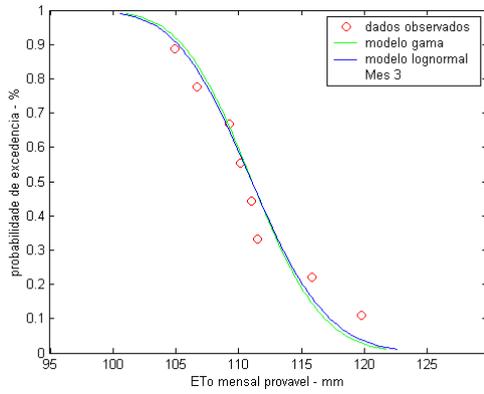
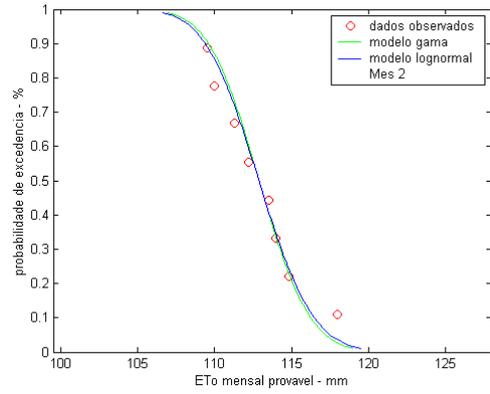
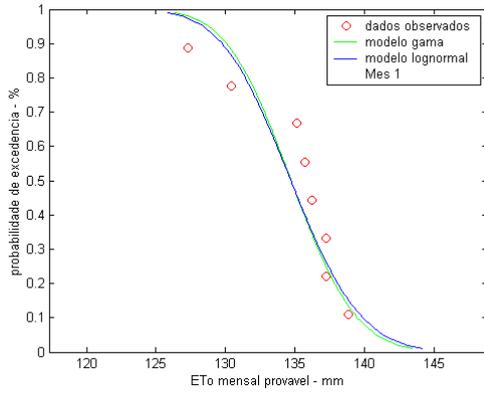


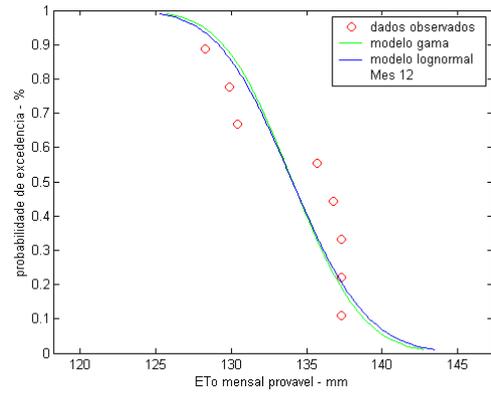
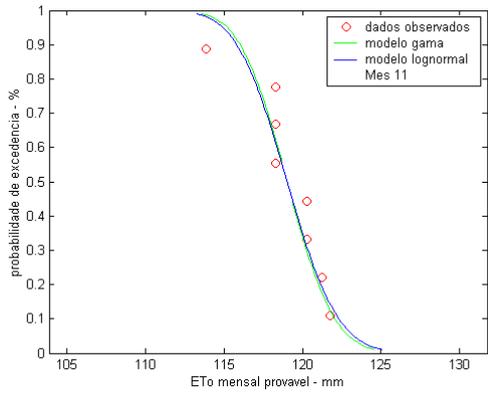
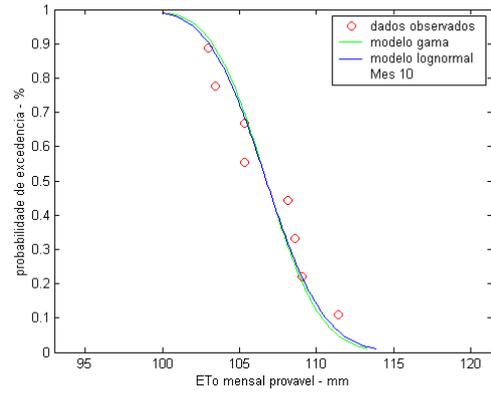
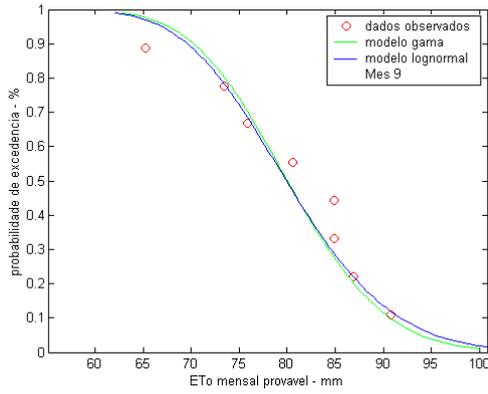
**Estação 10:**



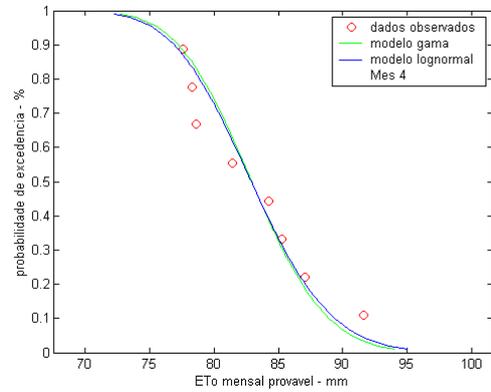
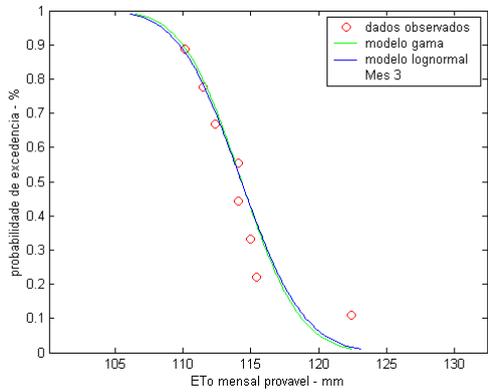
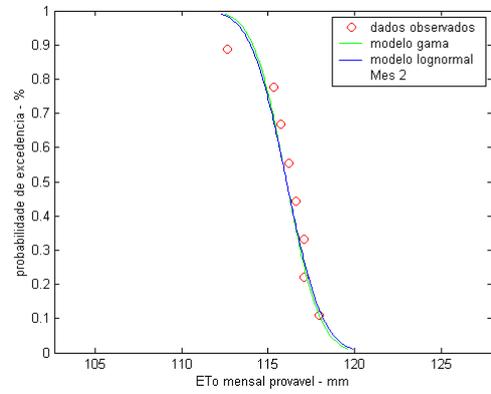
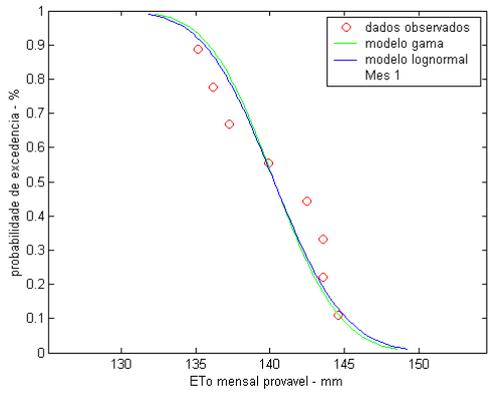


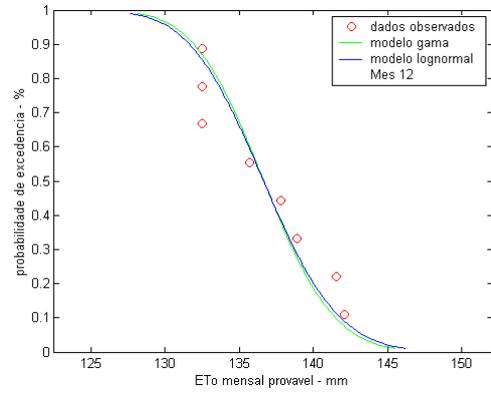
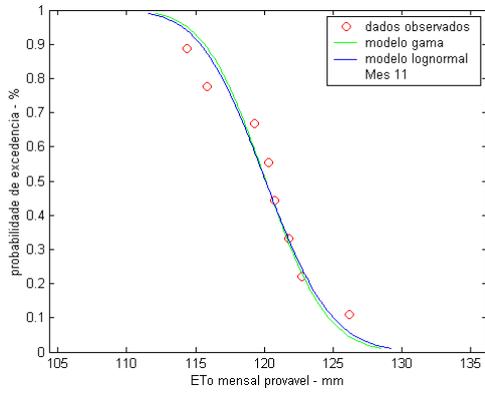
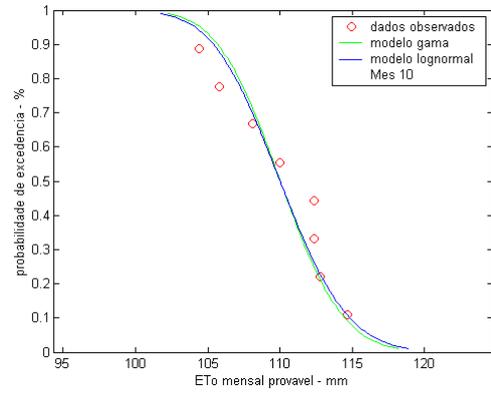
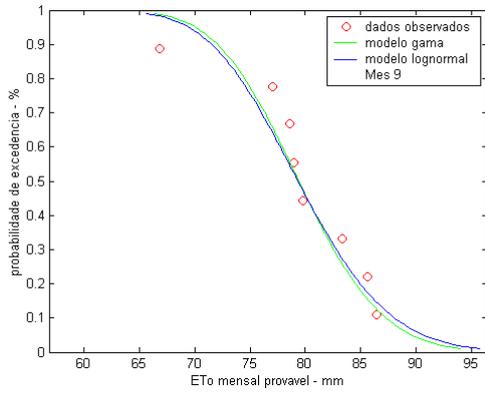
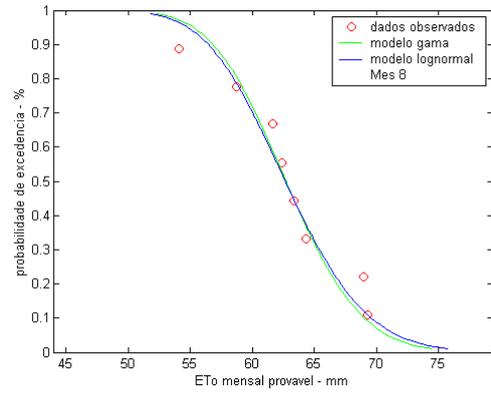
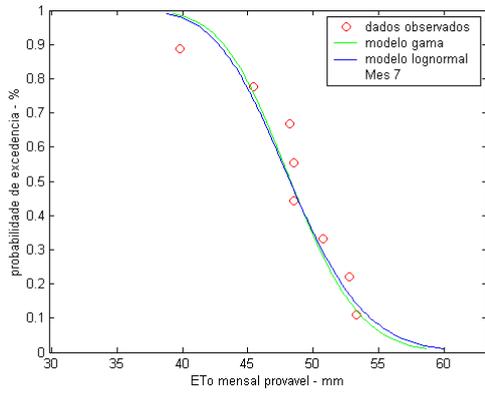
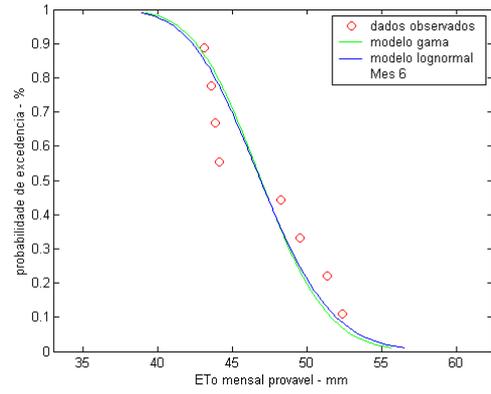
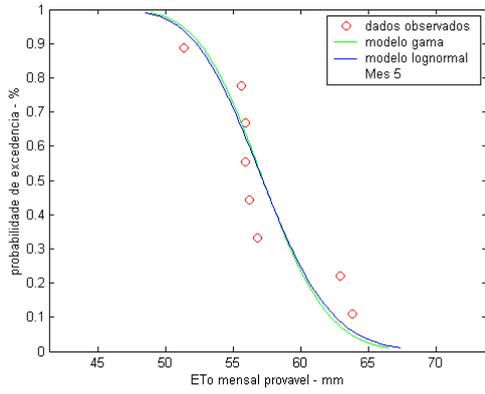
## Estação 11:





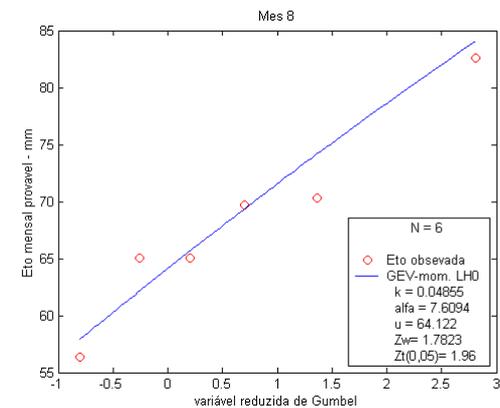
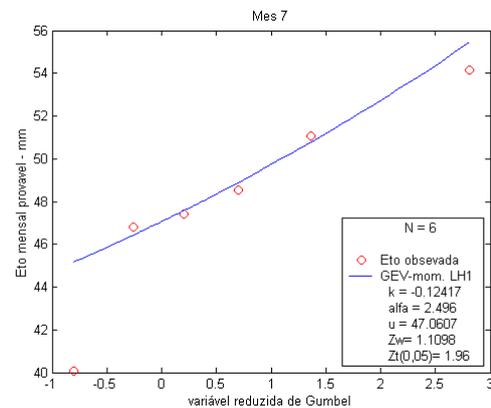
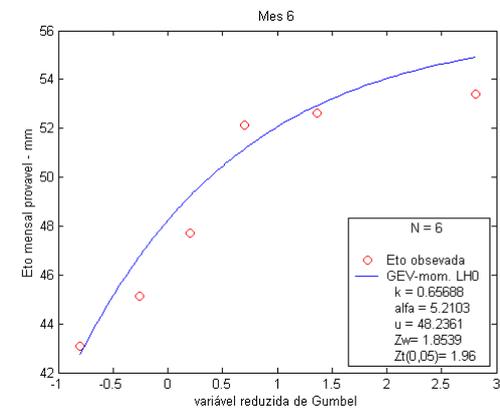
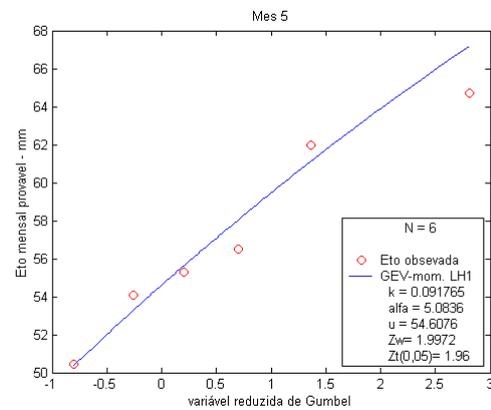
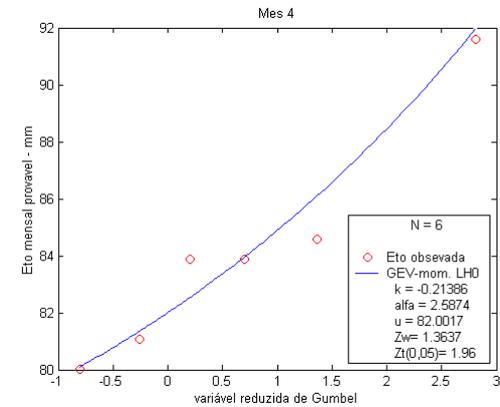
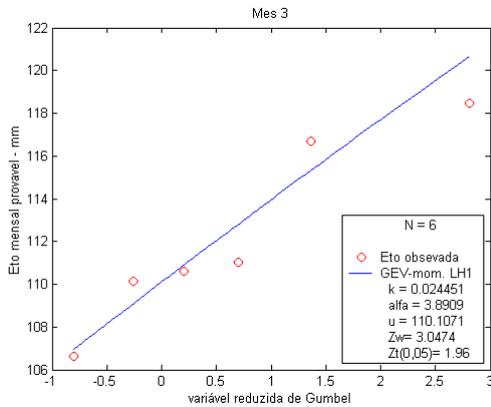
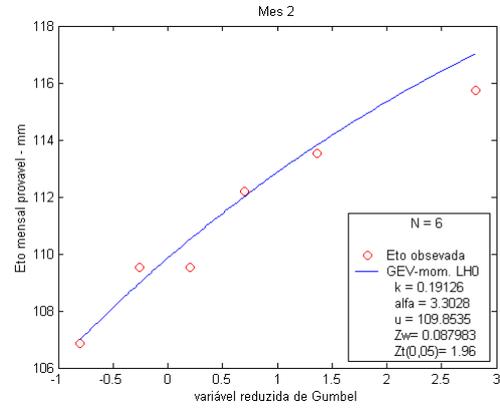
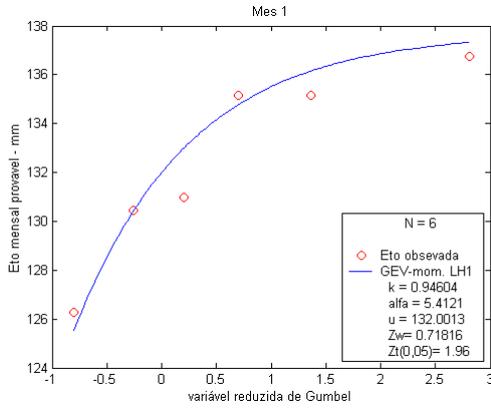
**Estação 12:**

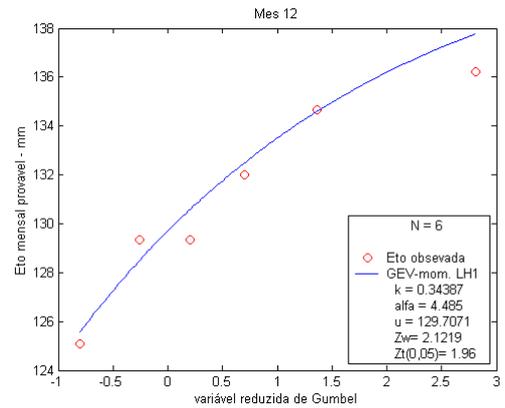
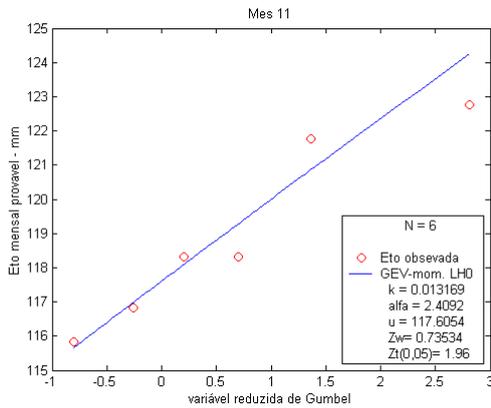
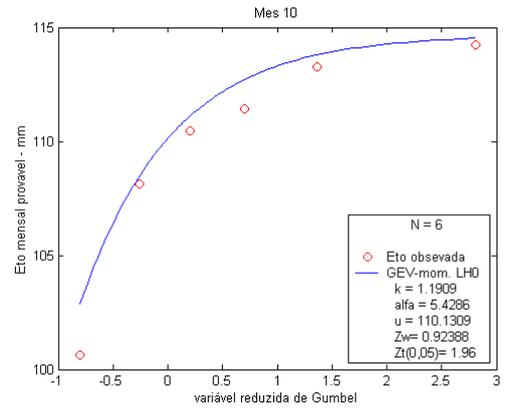
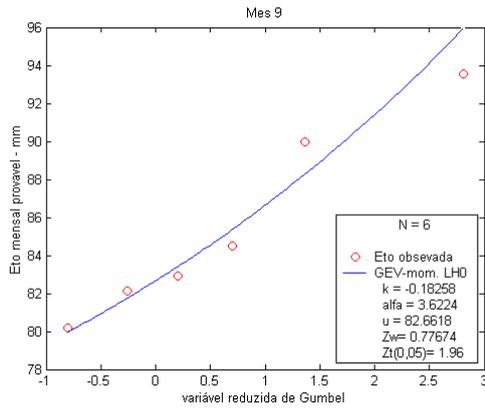




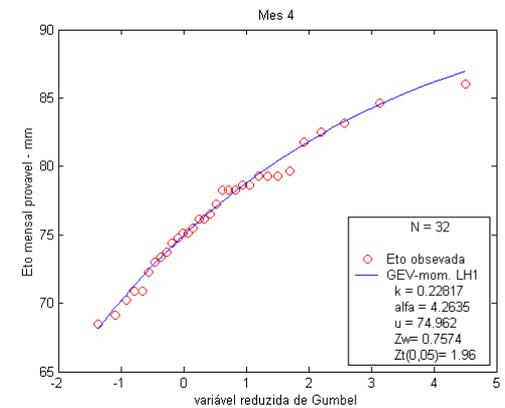
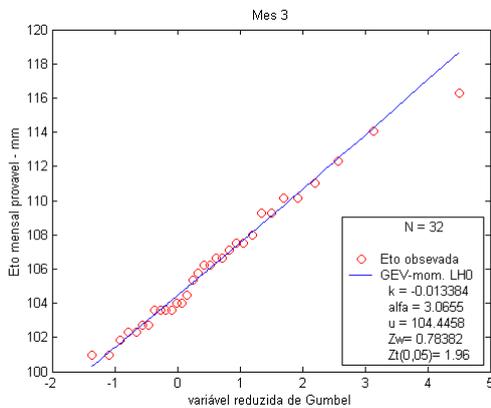
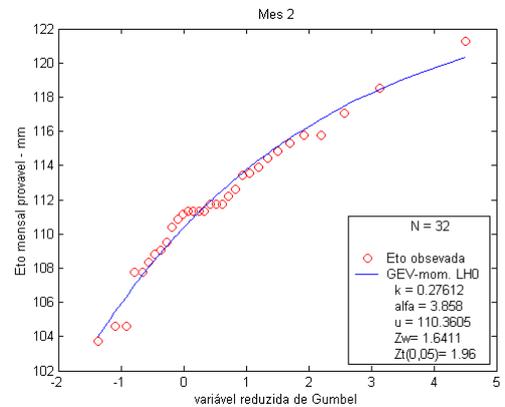
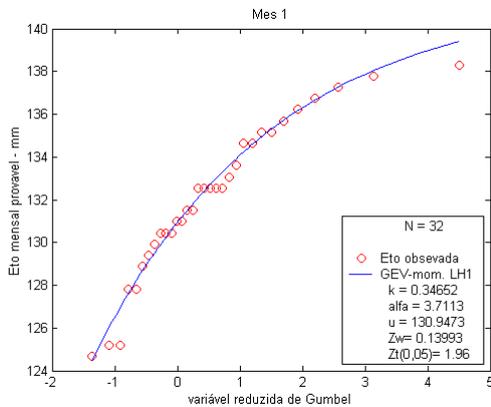
# ANEXO F - GRÁFICOS DO AJUSTE DO MODELO GEV PARA AS ESTAÇÕES ESTUDADAS

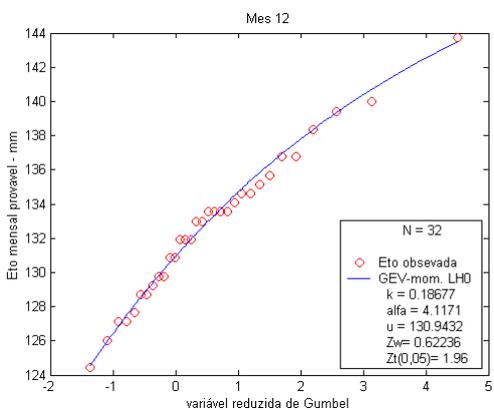
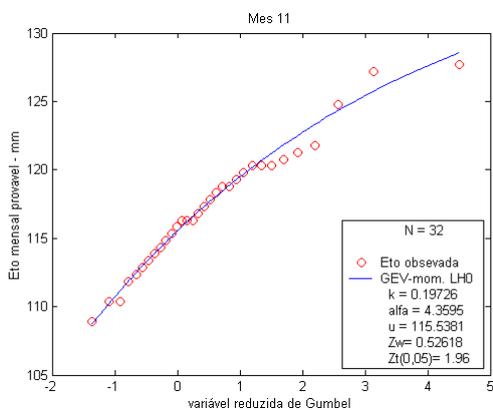
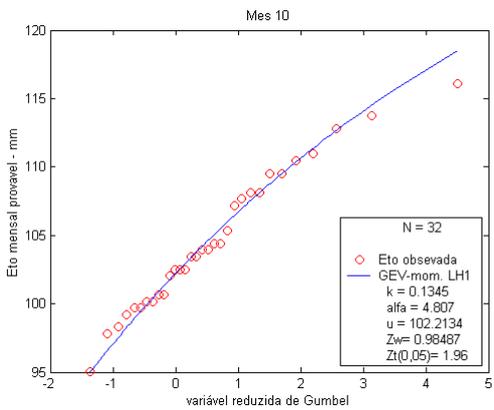
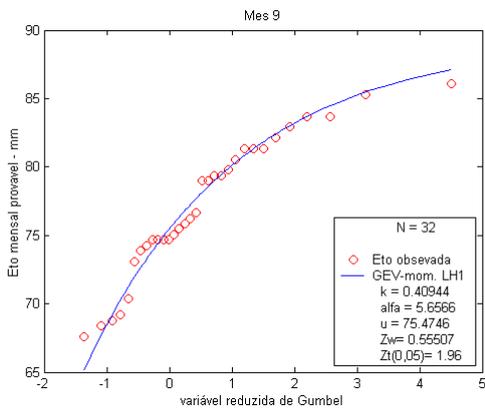
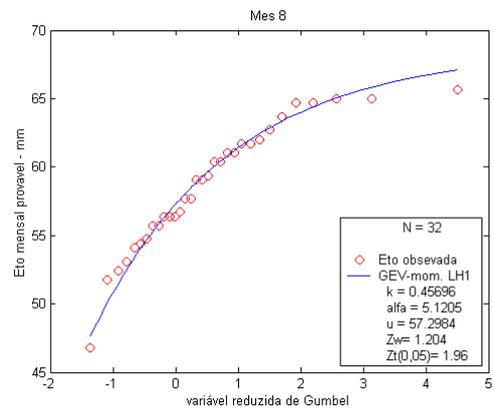
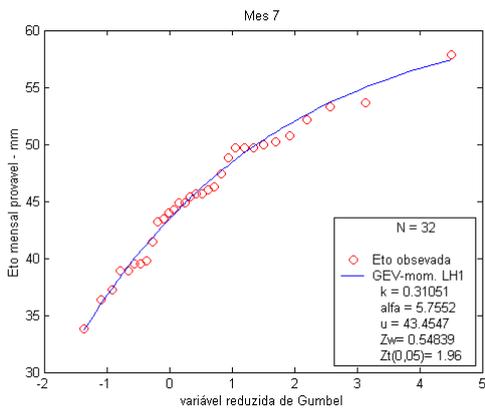
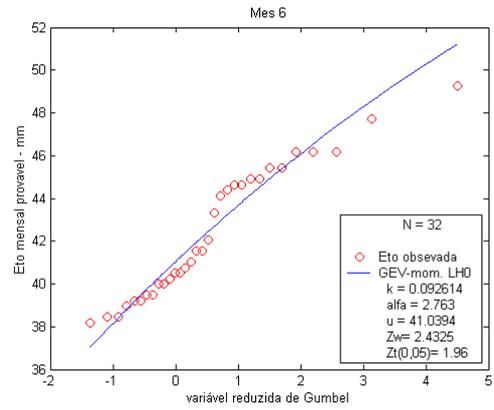
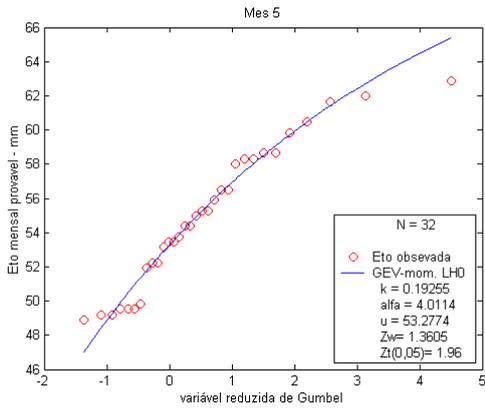
## Estação 1



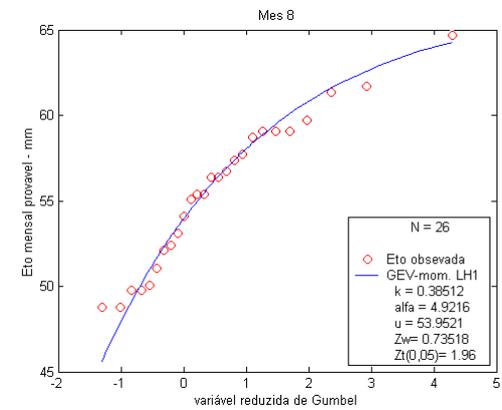
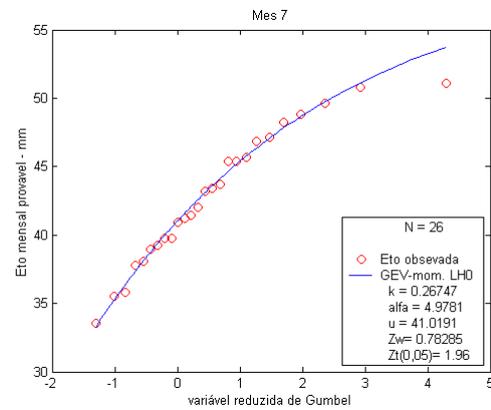
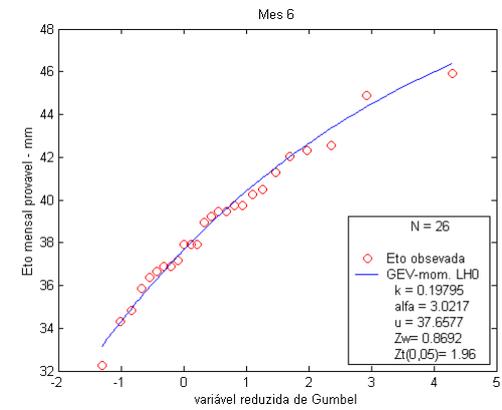
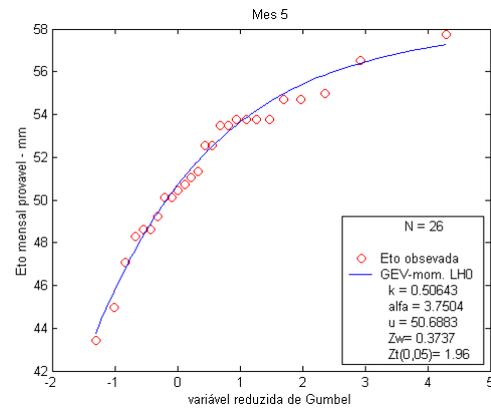
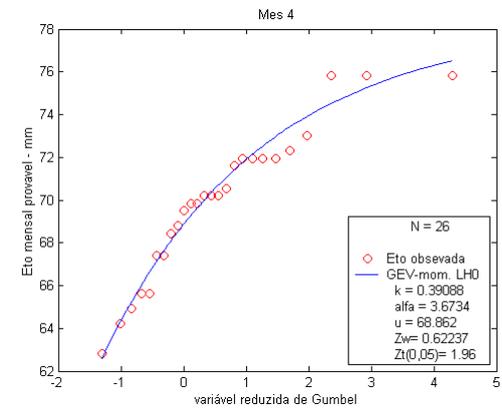
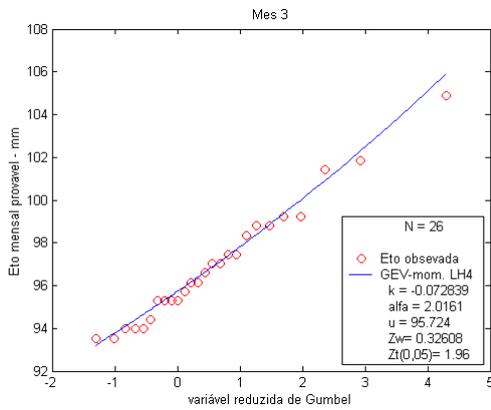
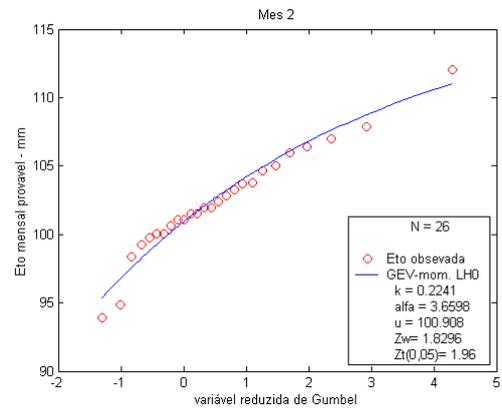
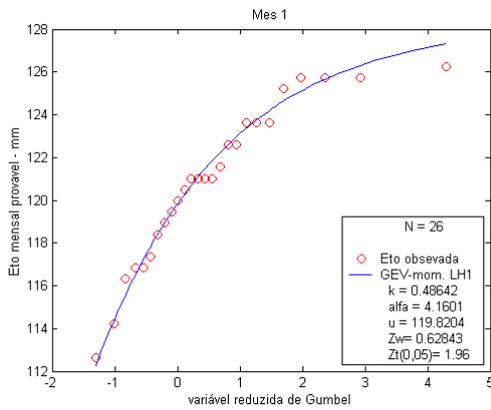


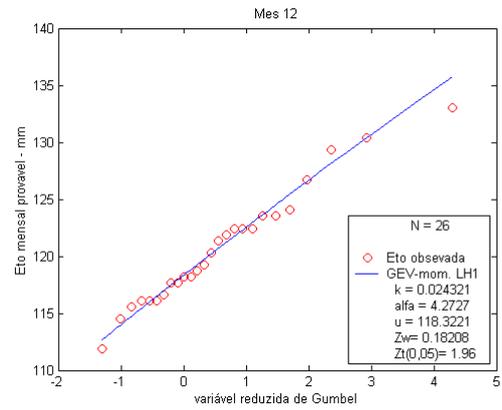
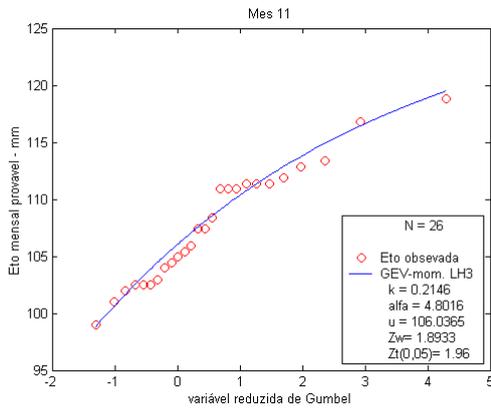
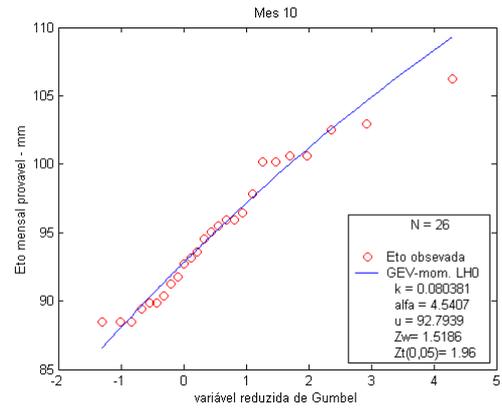
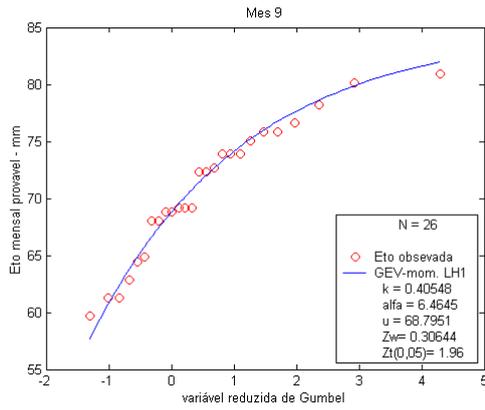
## Estação 2



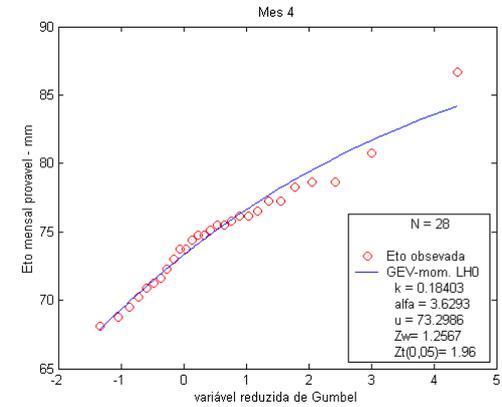
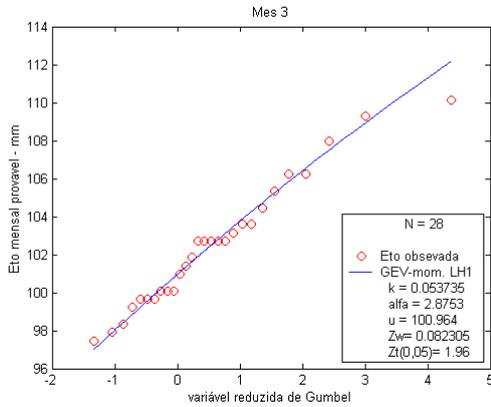
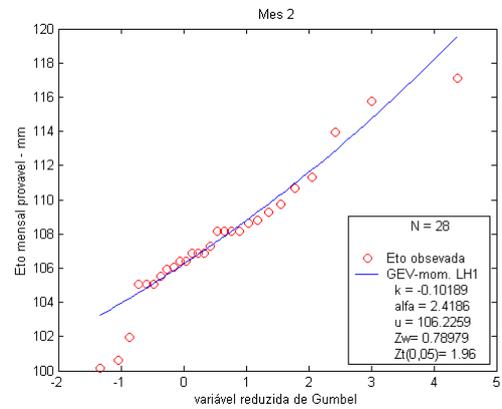
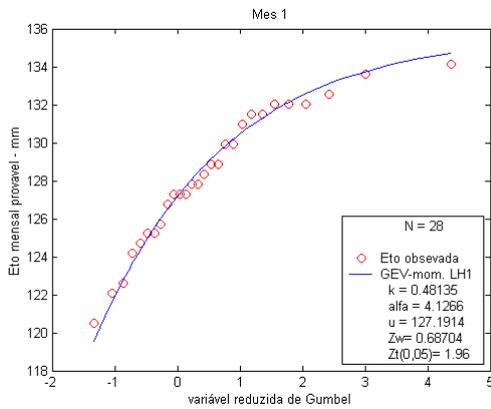


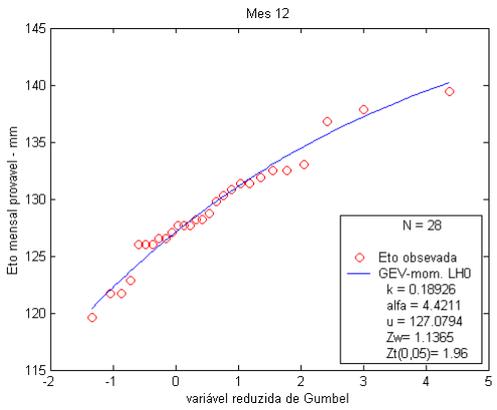
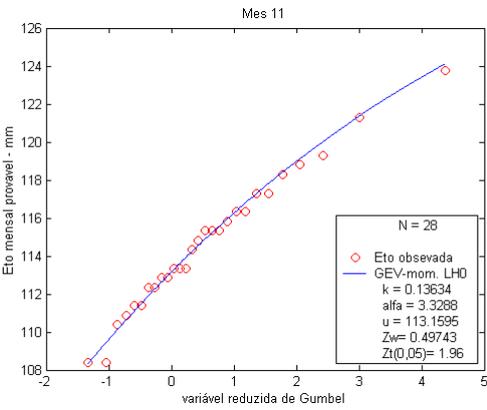
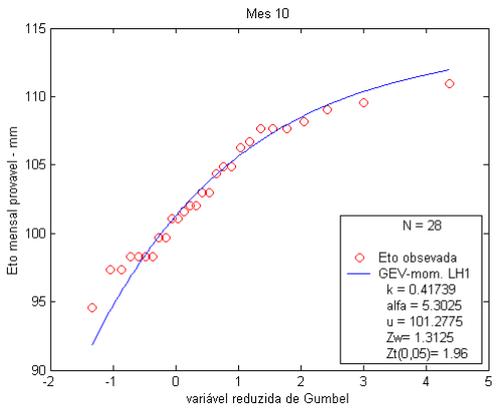
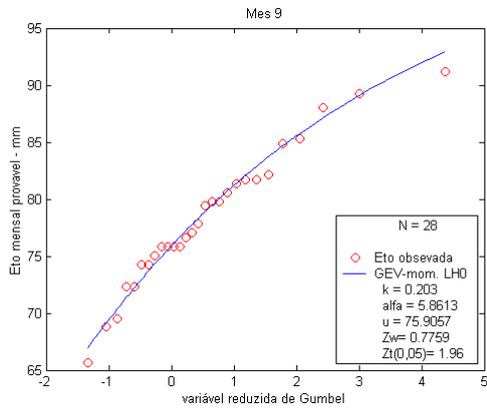
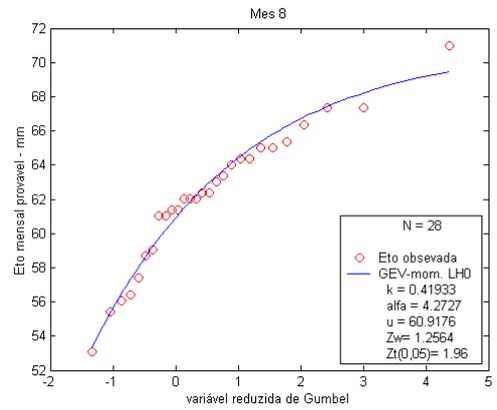
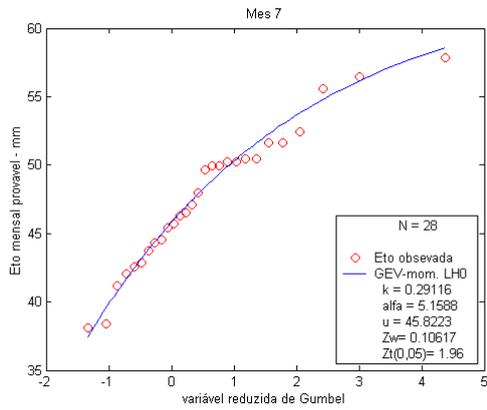
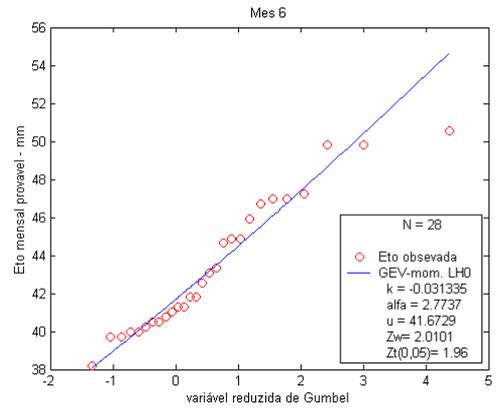
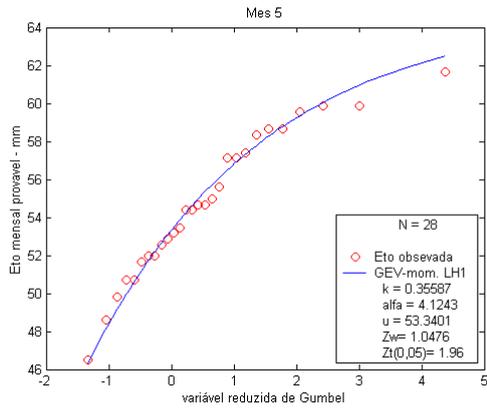
### Estação 3:



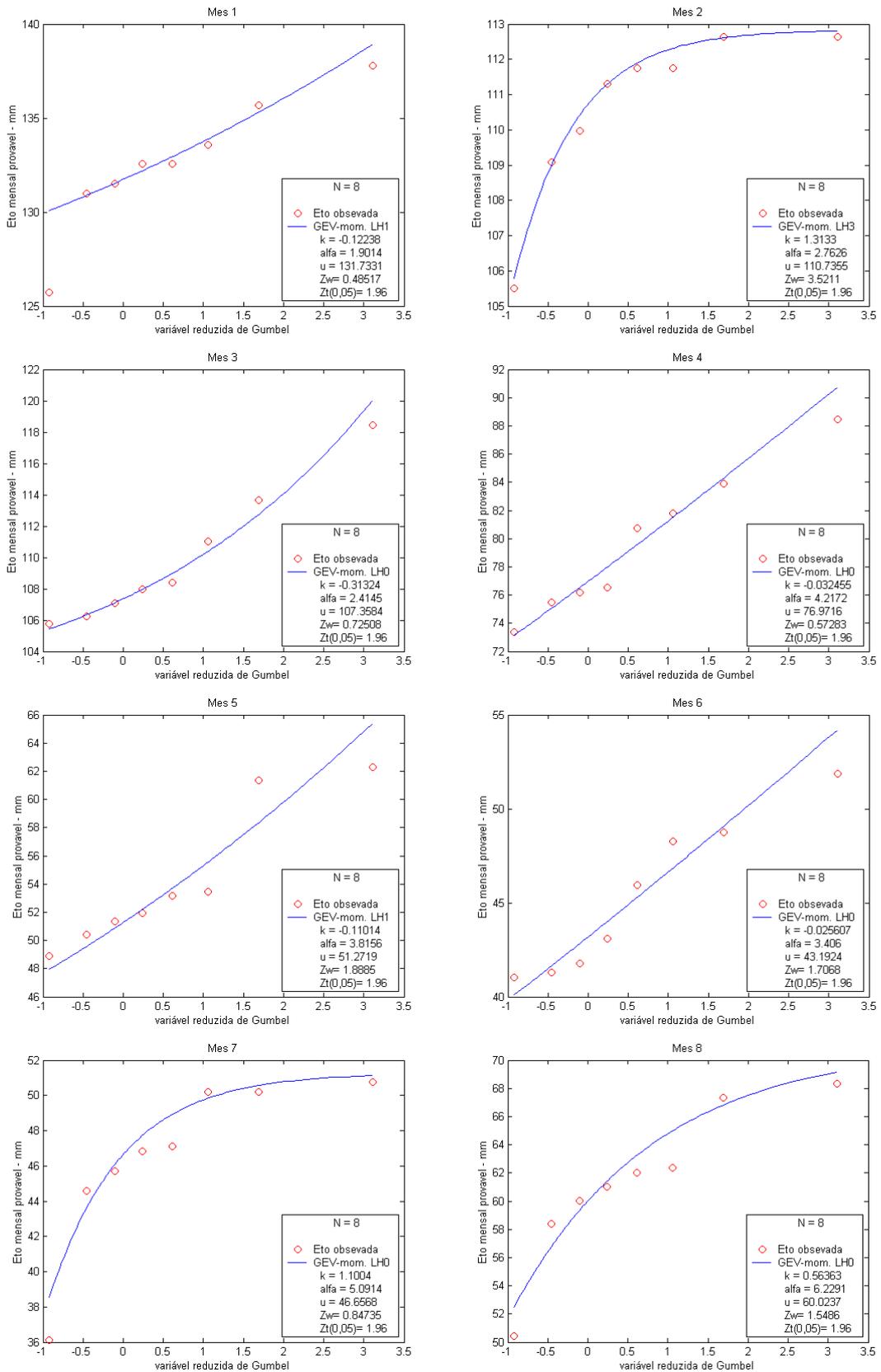


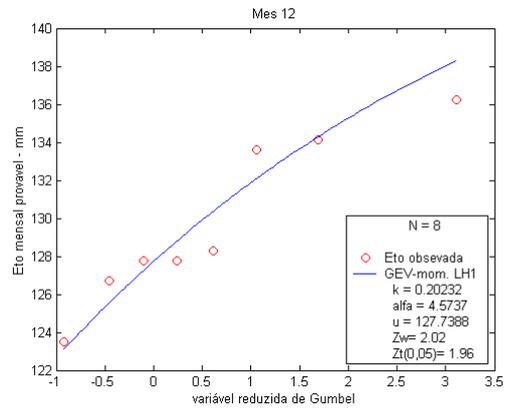
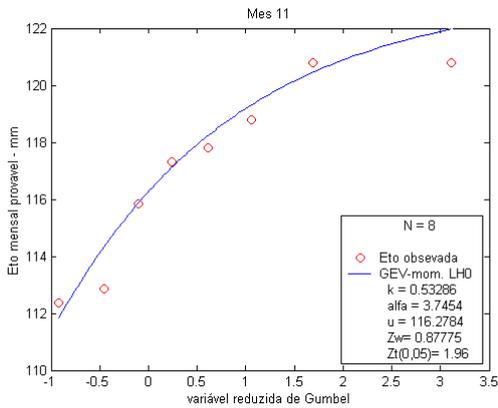
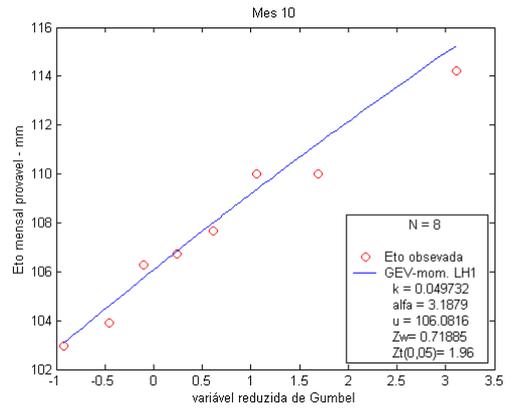
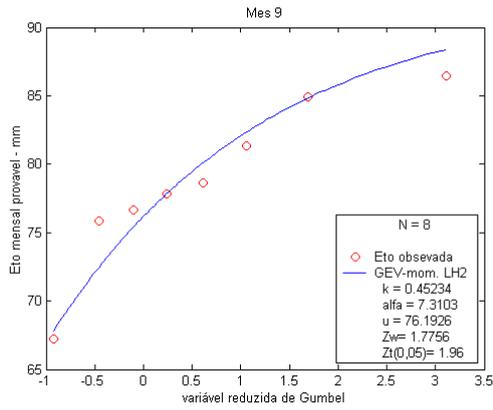
### Estação 4:



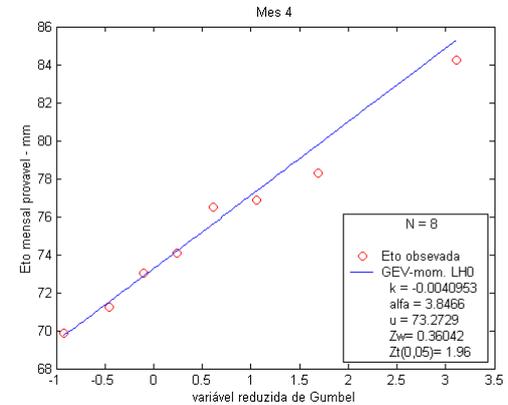
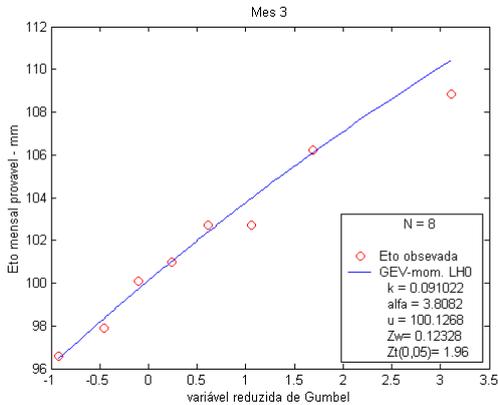
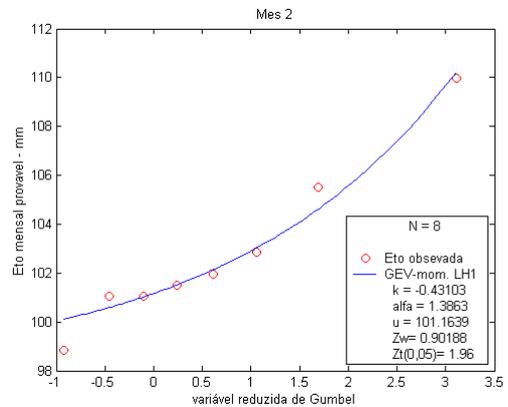
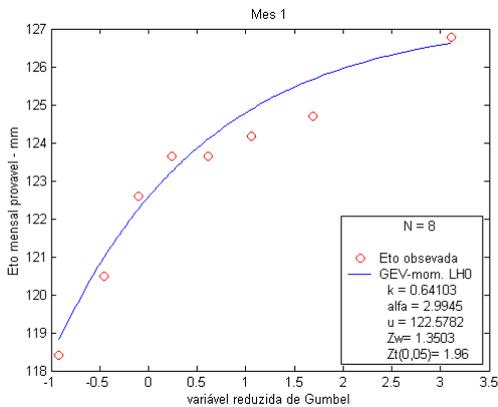


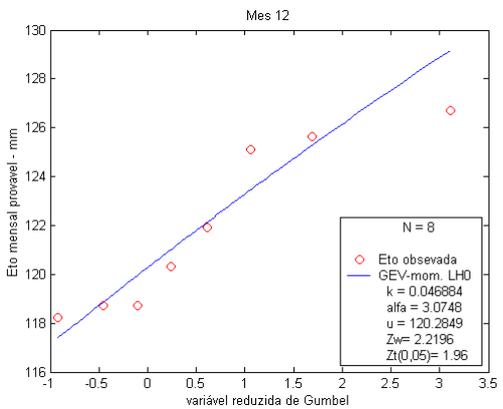
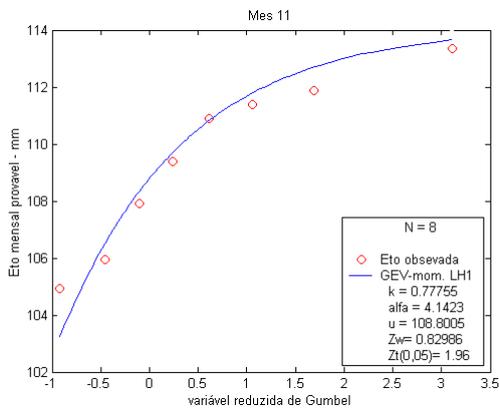
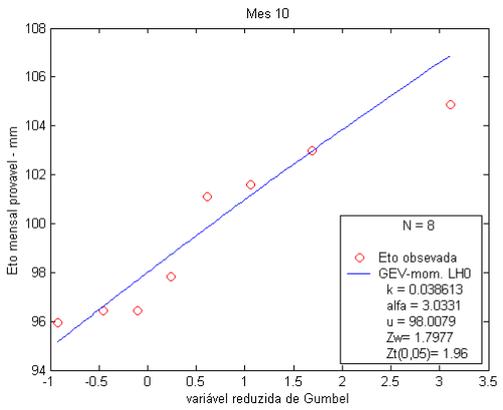
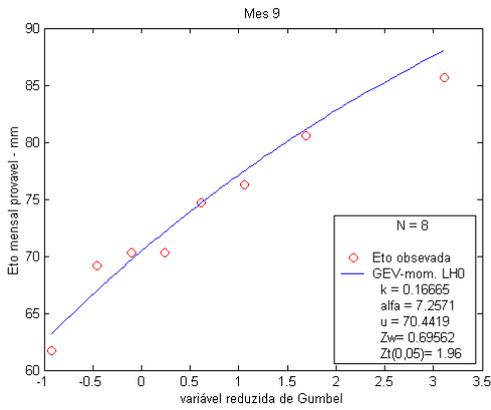
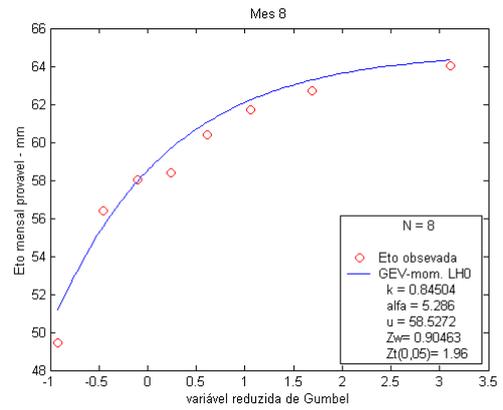
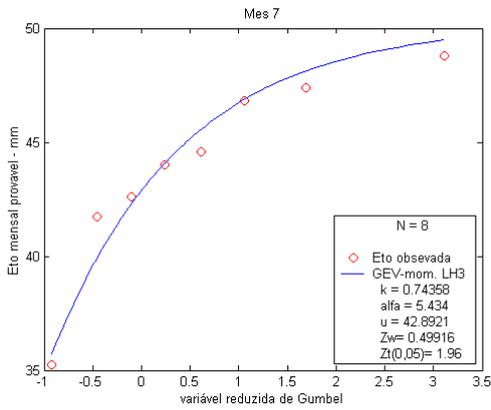
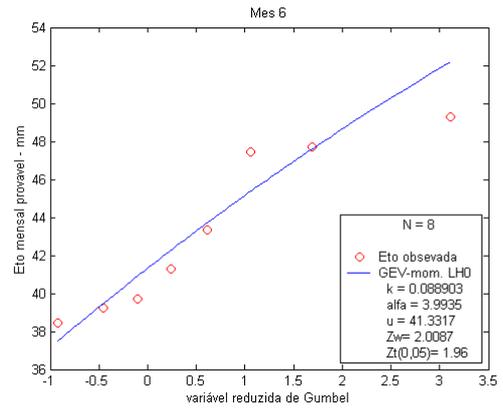
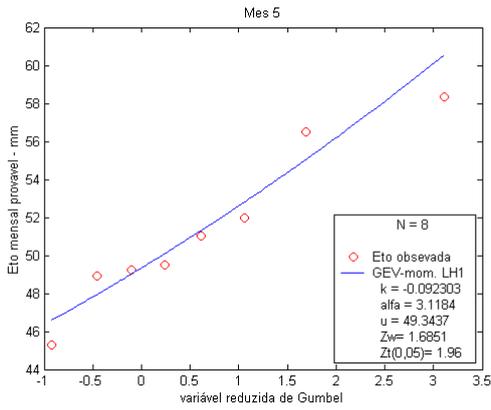
## Estação 5:



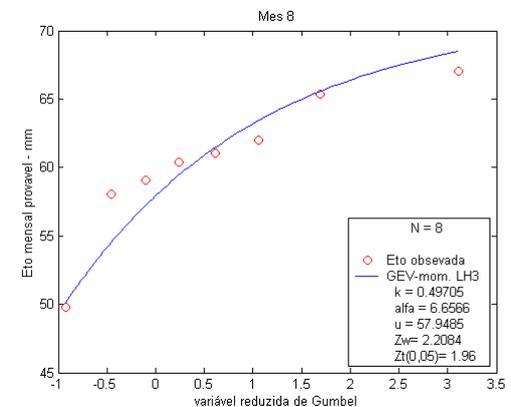
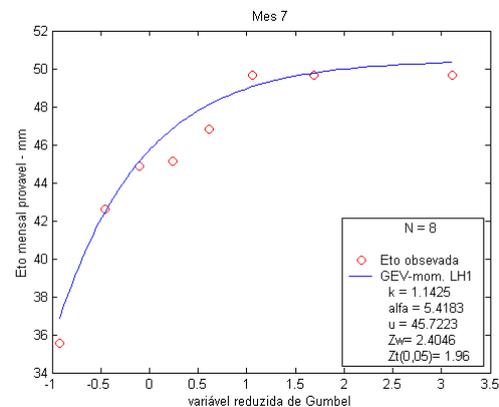
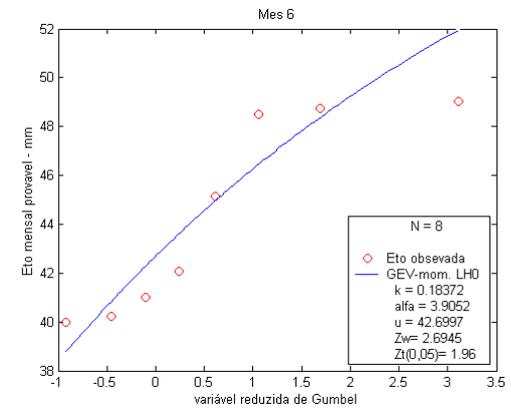
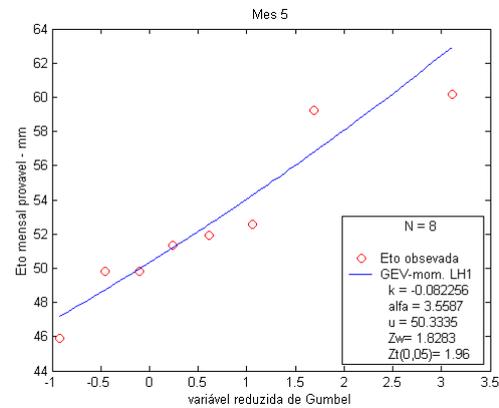
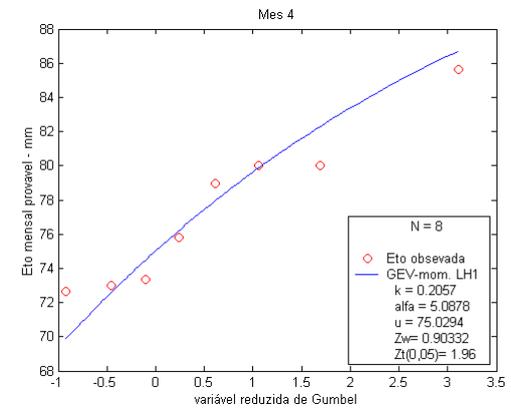
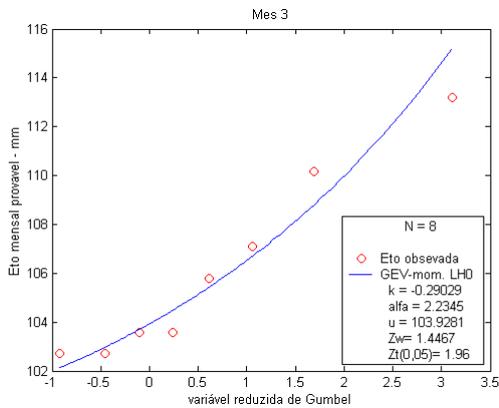
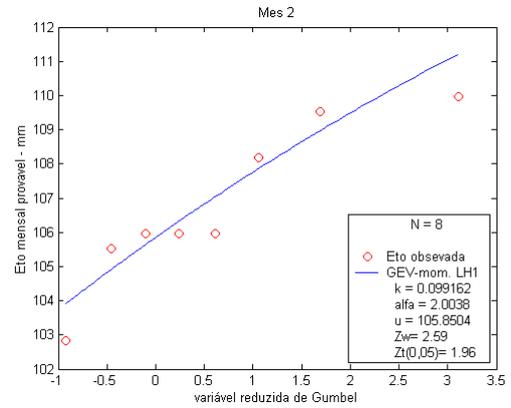
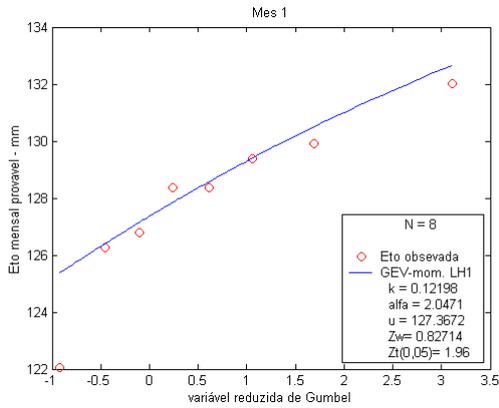


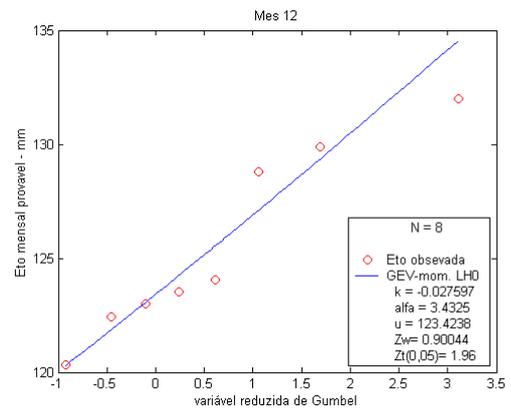
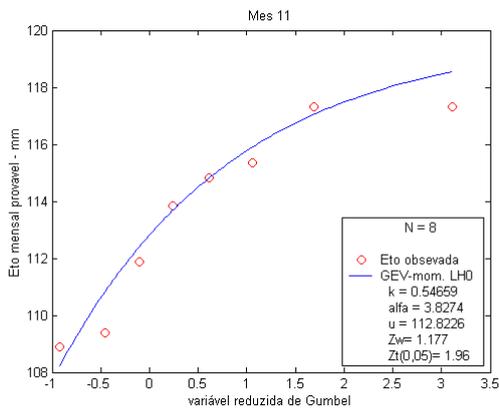
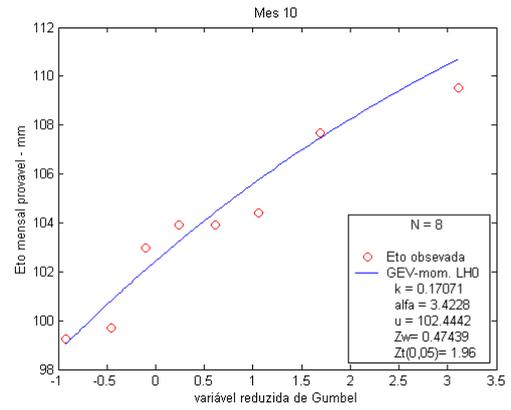
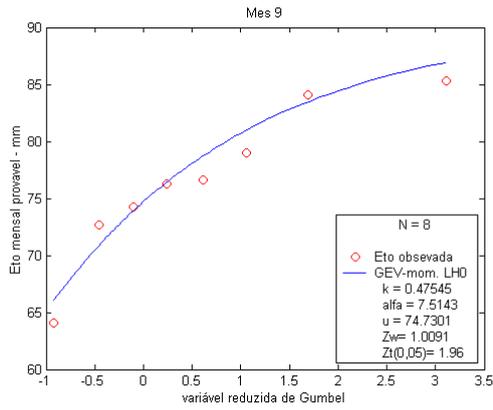
## Estação 6:



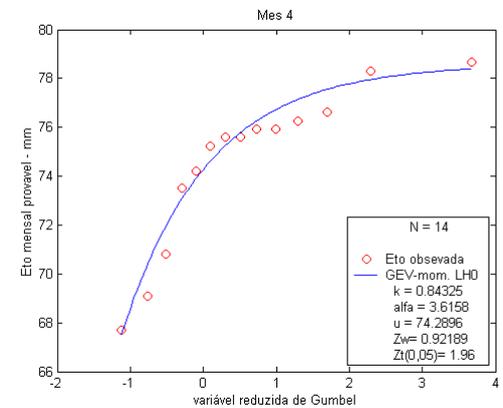
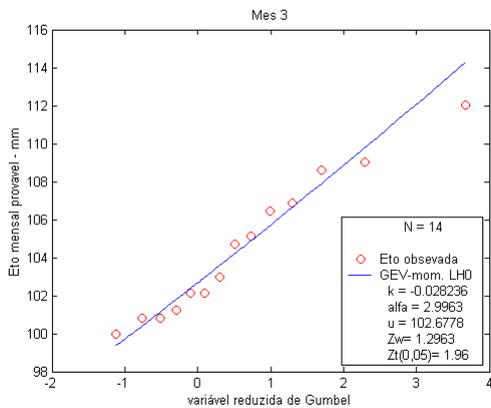
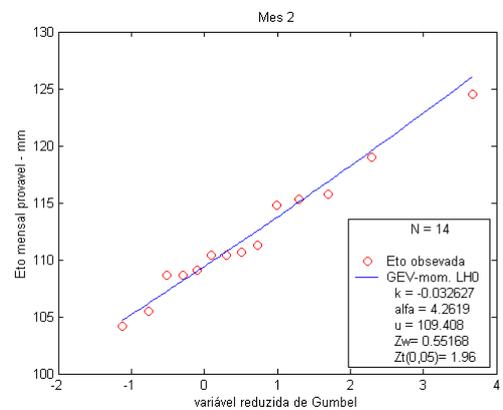
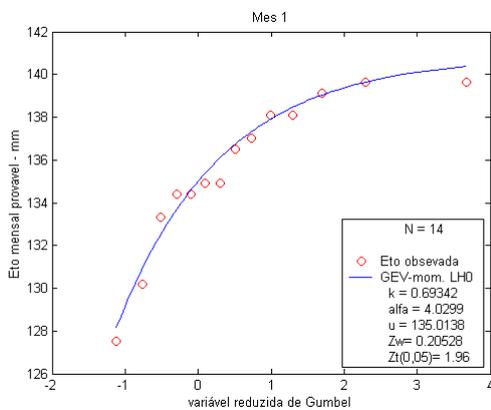


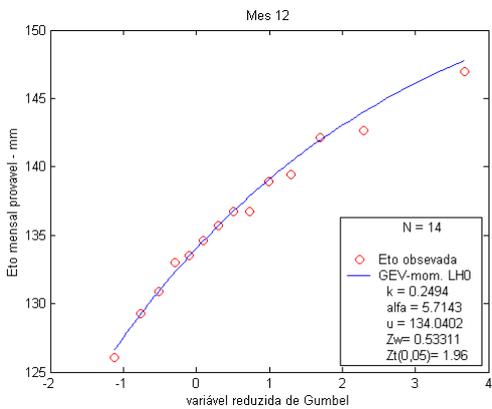
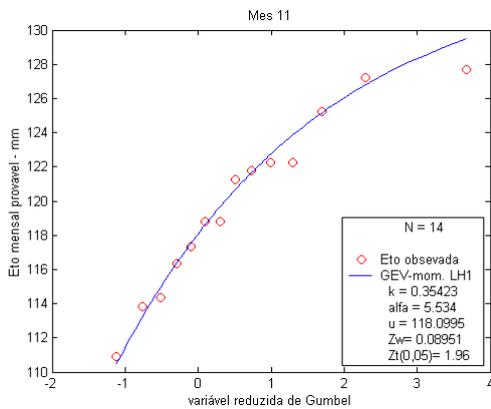
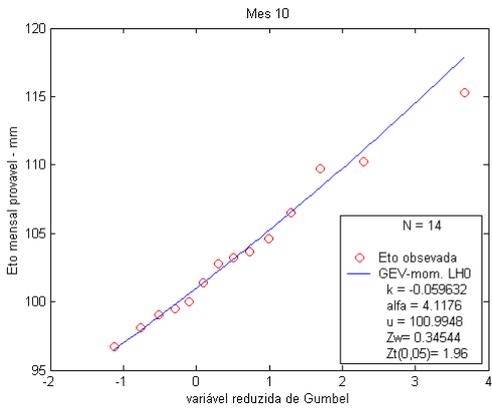
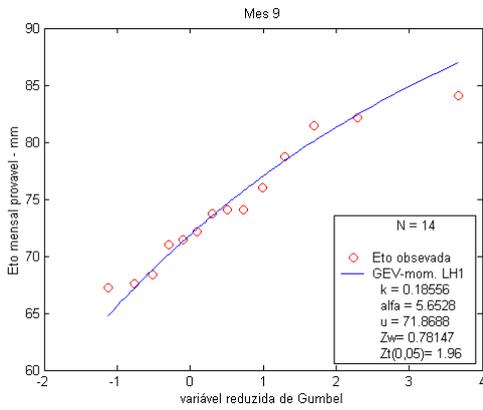
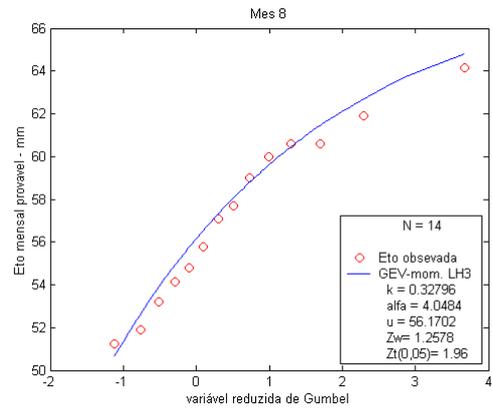
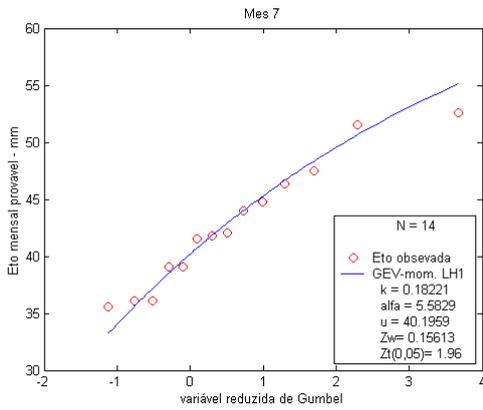
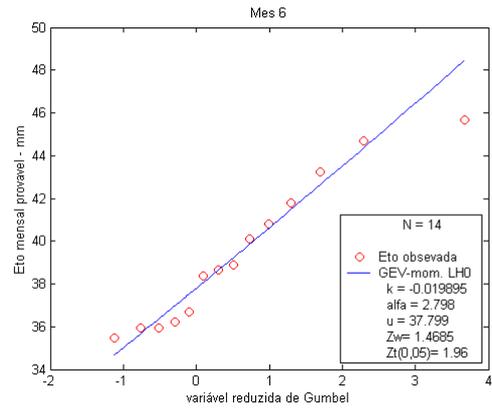
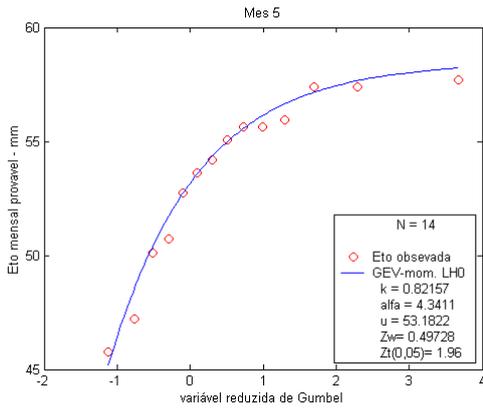
## Estação 7:



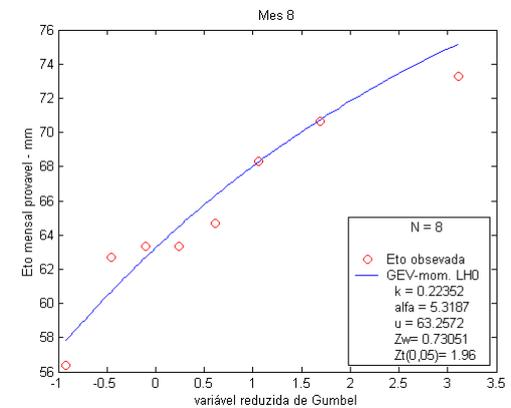
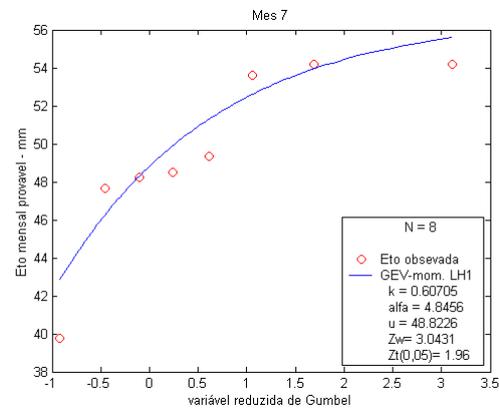
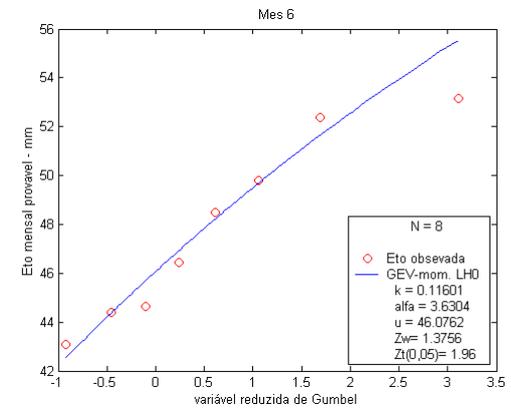
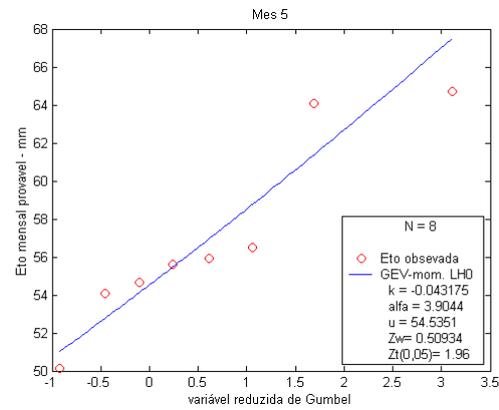
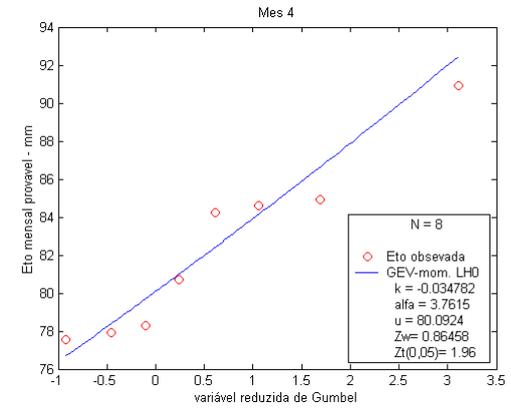
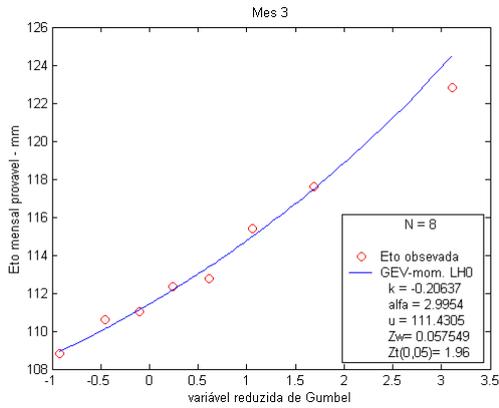
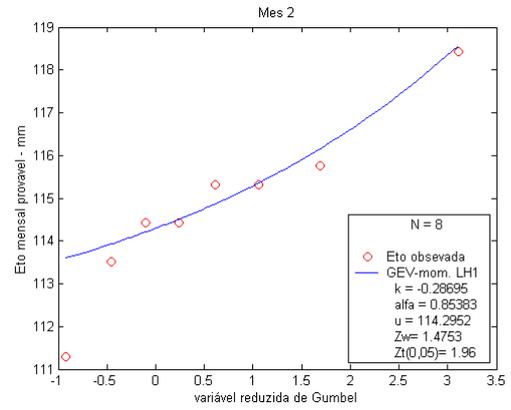
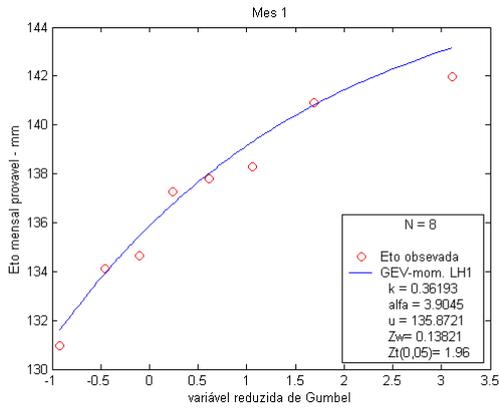


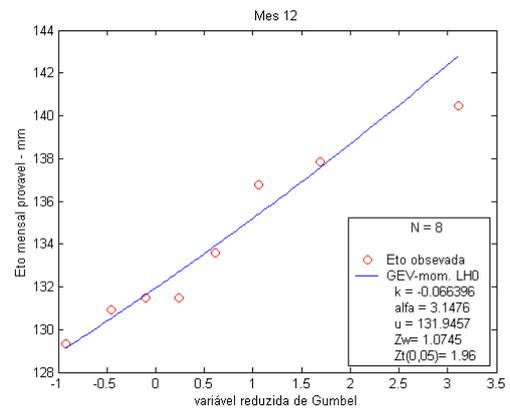
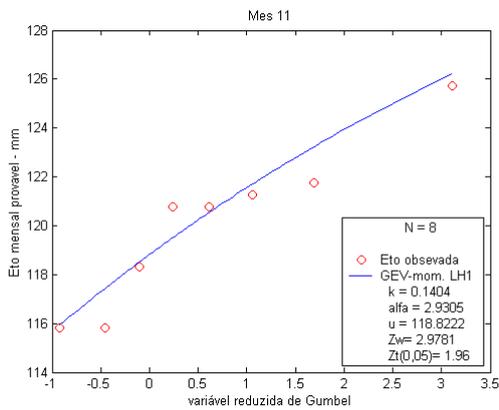
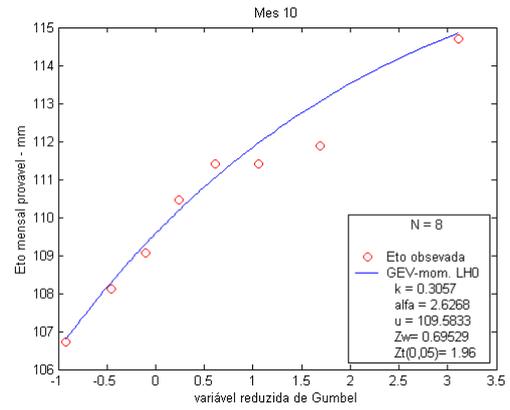
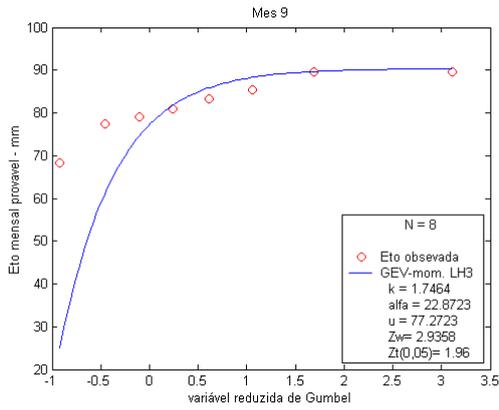
## Estação 8:



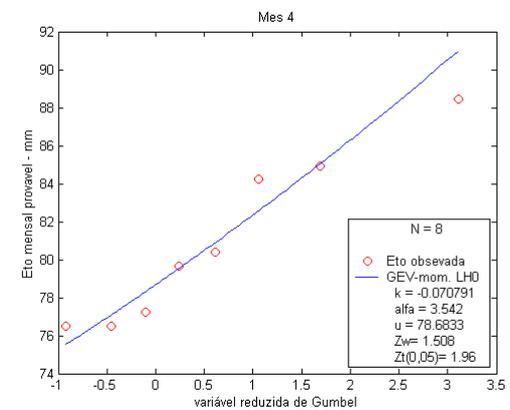
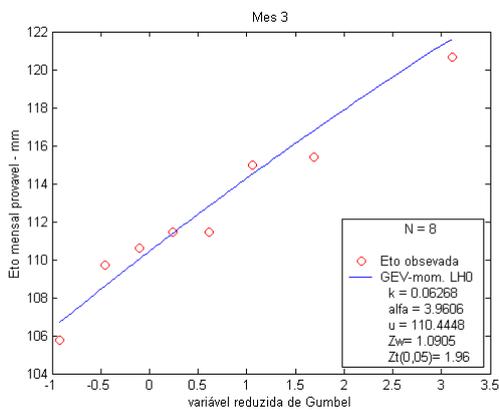
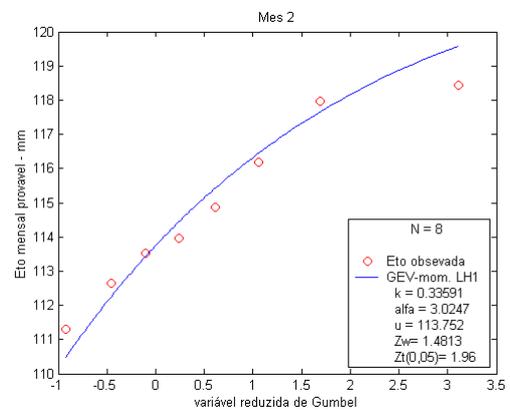
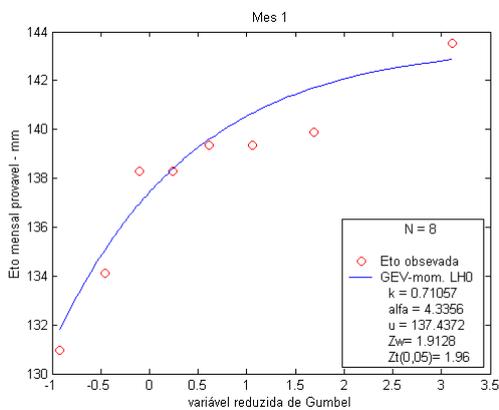


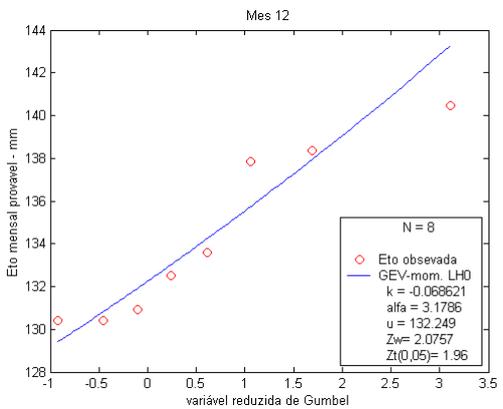
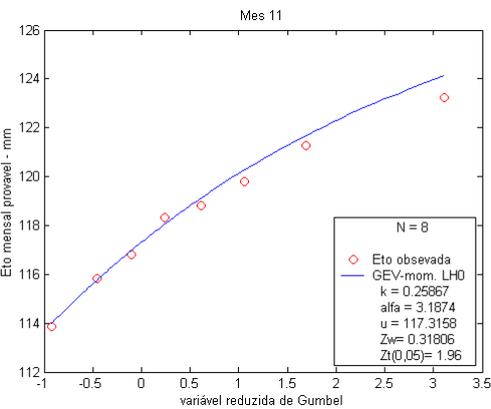
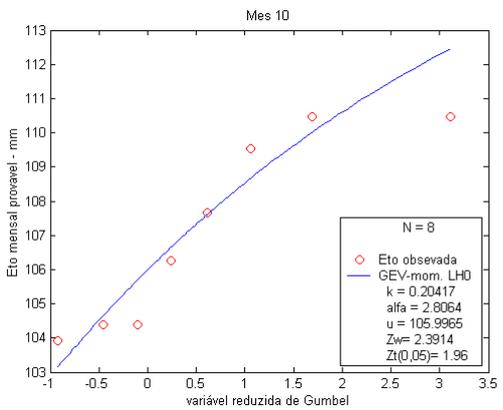
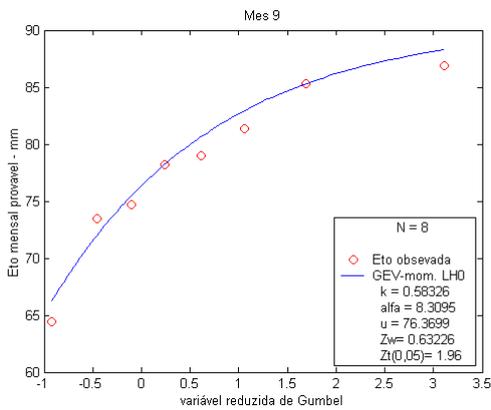
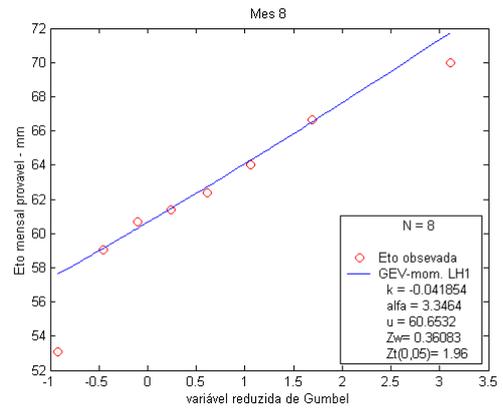
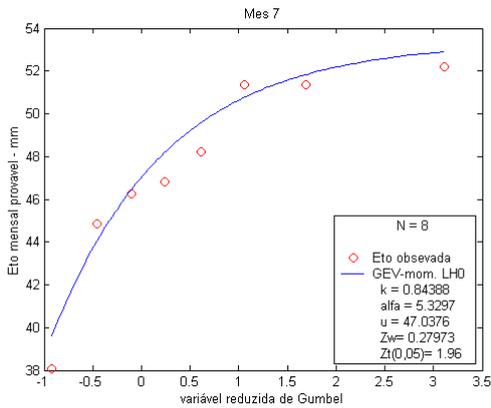
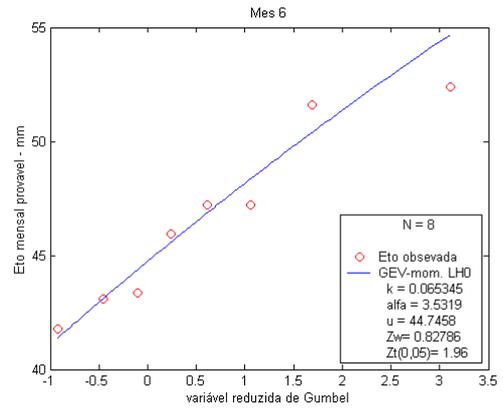
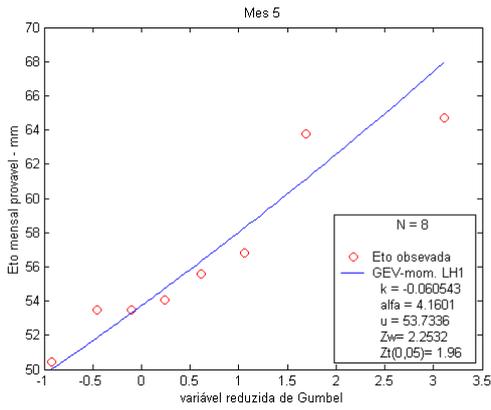
# Estação 9:



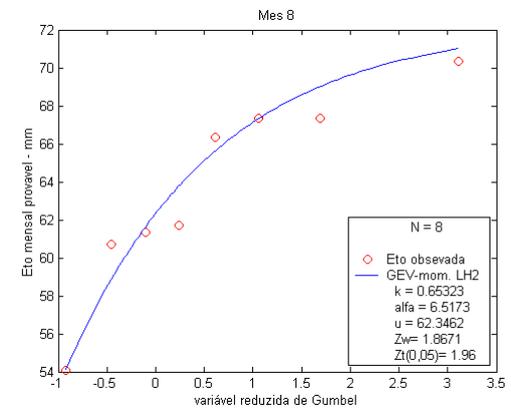
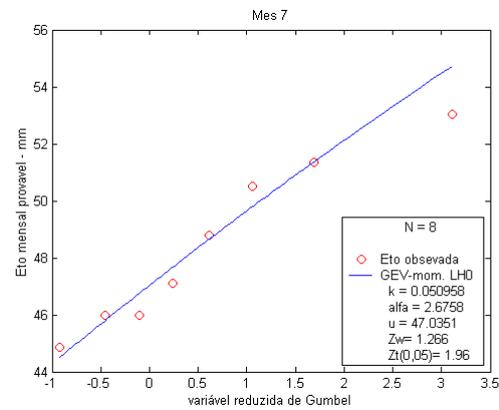
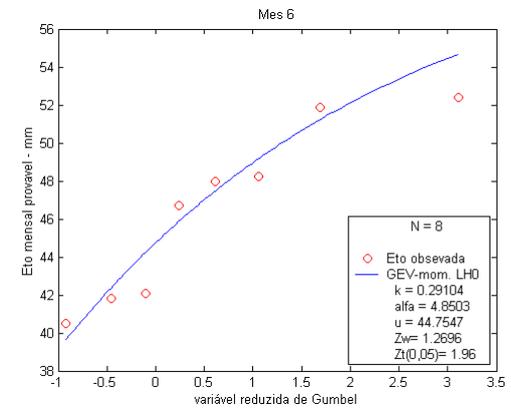
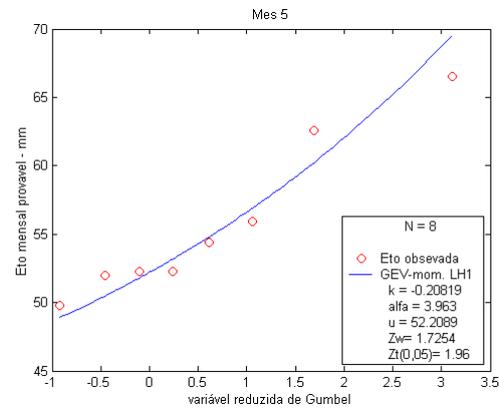
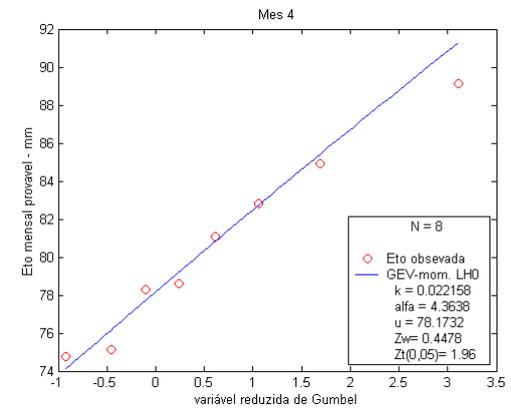
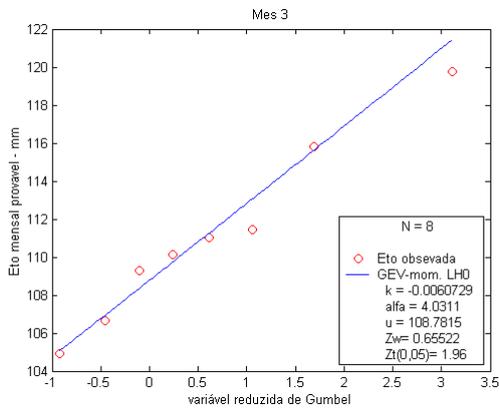
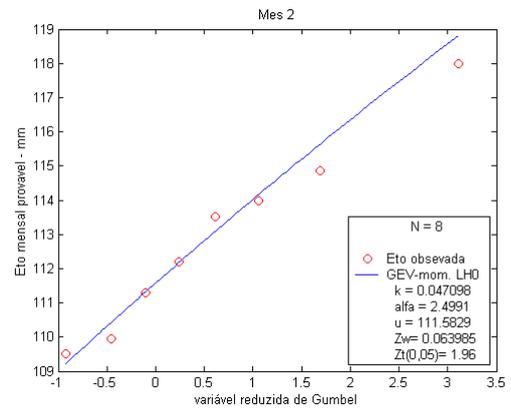
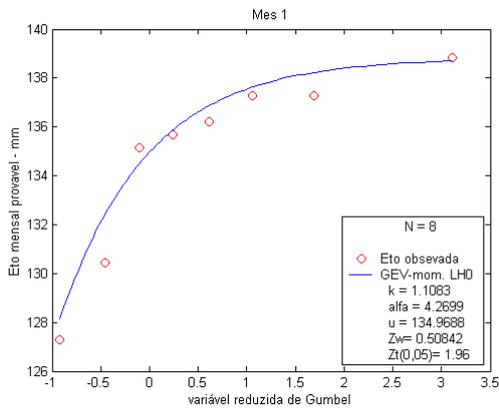


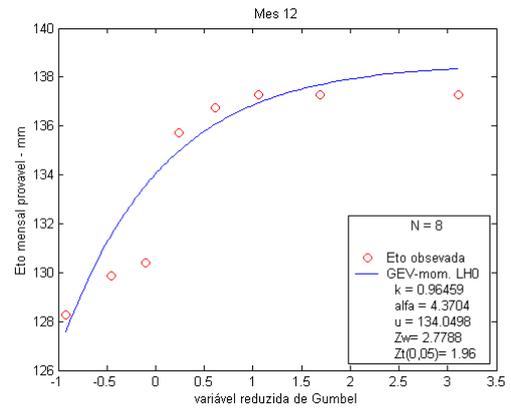
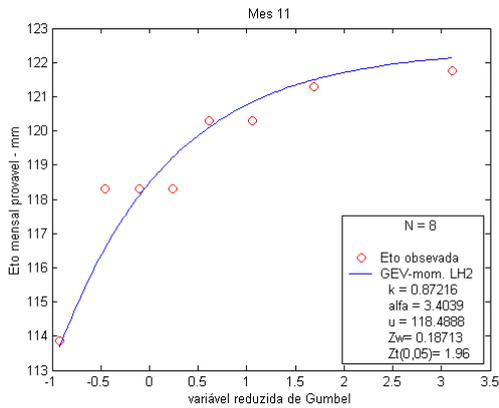
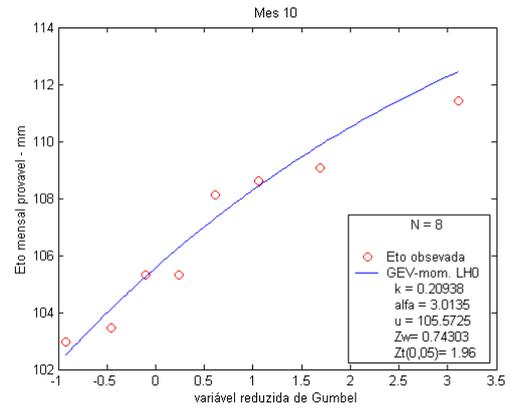
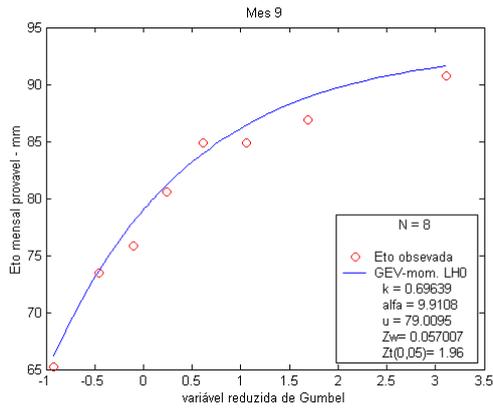
## Estação 10:





# Estação 11:





## Estação 12:

