

**Camila Prazeres Gonçalves de Castilho**  
**Orientador: Prof. Dr. José Teixeira Filho**

**INTERCEPTAÇÃO DE CHUVAS**  
**NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR**  
*(Saccharum Officinarum ssp.)*

**Universidade Estadual de Campinas.**  
**Faculdade de Engenharia Agrícola.**  
**Campinas, fevereiro de 2000.**



**Camila Prazeres Gonçalves de Castilho**  
**Orientador: Prof. Dr. José Teixeira Filho**

**INTERCEPTAÇÃO DE CHUVAS**  
**NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR**  
***(Saccharum Officinarum ssp.)***

Dissertação de Mestrado apresentada à Comissão de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola na área de concentração “Água e Solo”.

**Universidade Estadual de Campinas.**  
**Faculdade de Engenharia Agrícola.**  
**Campinas, fevereiro de 2000.**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

C278i                      Castilho, Camila Prazeres Gonçalves de  
                                 Intercepção de chuvas na cultura da cana-de-açúcar  
                                 (*Saccharum Officinarum ssp.*) / Camila Prazeres Gonçalves de  
                                 Castilho.--Campinas, SP: [s.n.], 2000.

                                 Orientador: José Teixeira Filho.  
                                 Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas,  
                                 Faculdade de Engenharia Agrícola.

                                 1. Chuvas. 2. Cana-de-açúcar. 3. Ciclo hidrológico. 4.  
                                 Hidrologia - Modelos. I. Teixeira Filho, José. II. Universidade  
                                 Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. III.  
                                 Título.

## **PARECER**

Este exemplar corresponde à redação final da dissertação de mestrado defendida por Camila Prazeres Gonçalves de Castilho e aprovada pela Comissão Julgadora em 25 de fevereiro de 2000. Campinas, 05 de abril de 2000.

---

Presidente da Banca  
Prof. Dr. José Teixeira Filho

**Ao meu esposo Renato e  
ao pequeno Gabriel,  
dedico.**

## AGRADECIMENTOS

**“Um galo sozinho não tece uma manhã :  
ele precisará sempre de outros galos...”**

**Tecendo a Manhã**  
***João Cabral de Melo Neto***

À Vida por ter me dado a oportunidade de dar mais um passo.

Aos meus pais, Maria Alice e Sebastião, por tudo o que sou e por tudo que fazem para que eu continue evoluindo; por cuidarem do Gabriel com tanto amor e dedicação para que eu escrevesse com mais tranquilidade esse trabalho.

Ao meu esposo, Renato, por todo o investimento em informática que fez para facilitar minha vida; pelas consultas à internet; por todas as jantas que providenciou enquanto eu escrevia; pela paciência; pelo apoio; por estar sempre ao meu lado.

Aos meus avós, Alice e José, às tias Cuca e Tereca e à Carol, pelo constante incentivo, e por proporcionarem ao Gabriel tantos momentos felizes durante suas férias prolongadas que abrandaram minha saudade.

Ao Prof. Teixeira, por acreditar na minha capacidade; pela orientação, estímulo, apoio, e por seu inesgotável otimismo.

Ao Sérgio, funcionário do Departamento de Água e Solo da Faculdade de Engenharia Agrícola, pela colaboração na montagem do experimento.

Ao Sr. Deli, funcionário do Campo Experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola, pelo auxílio nas medidas de campo; pela constante disposição; pelo exemplo de profissionalismo.

Ao Sr. Robison, funcionário do Departamento de Água e Solo da Faculdade de Engenharia Agrícola, pela atenção e serviços prestados.

À Suzely, secretária do Departamento de Água e Solo da Faculdade de Engenharia Agrícola, pela atenção e ajuda para resolver os trâmites burocráticos e localizar o Prof. Teixeira.

Ao Laboratório de Protótipos do Departamento de Máquinas Agrícolas da Faculdade de Engenharia Agrícola, por ceder espaço, ferramentas, equipamentos e pessoal para a confecção do dispositivo experimental.

Ao Parque Ecológico da Universidade Estadual de Campinas, pela doação dos galões plásticos e aos funcionários da Seção de Reciclagem pela limpeza dos mesmos.

Ao aluno de graduação, Jorge, pela execução das medidas do Índice de Área Foliar.

À Márcia, pela amizade; pelo apoio nos momentos de “crise”; pela ajuda nas traduções e pesquisas à internet; por ser muito mais que uma amiga.

À Sara, companheira das horas extras, e à Flávia, pela amizade e por toda a ajuda.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento desse projeto.

À Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

À Faculdade de Engenharia Agrícola pela oportunidade de realizar o curso.

A todos os amigos e funcionários que colaboram para elaboração desse trabalho.

**“Creio que há uma coerência que passa por todas as minhas incoerências.  
Assim como há na natureza uma unidade que permeia as aparentes diversidades.”**

***Mahatma Gandhi***

## PLANETA ÁGUA

*Guilherme Arantes*

Água que nasce na fonte serena do mundo  
E que abre o profundo grotão  
Água que faz inocente riacho e deságua  
Na corrente do ribeirão  
Águas escuras dos rios  
Que levam a fertilidade ao sertão  
Águas que banham aldeias  
E matam a sede da população  
Águas que caem das pedras  
No véu das cascatas ronco de trovão  
E depois dormem tranqüilas  
No leito dos lagos, no leito dos lagos  
Água dos igarapés onde Iara mãe d'água  
É misteriosa canção  
Água que o sol evapora  
pro céu vai embora  
Virar nuvens de algodão  
Gotas de água da chuva  
Alegre arco-íris sobre a plantação  
Gotas de água da chuva  
Tão tristes são lágrimas na inundação  
Águas que movem moinhos  
São as mesmas águas  
Que encharcam o chão  
E sempre voltam humildes  
Pro fundo da terra, pro fundo da terra  
Terra planeta água... terra planeta água  
Terra planeta água.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização do município de Campinas no estado de São Paulo _____	p. 53
Figura 2 – Parcela experimental _____	p. 54
Figura 3 – Calhas de PVC (0.11m x 3.01m x 0.09m) dispostas entre duas linhas de plantio _____	p. 58
Figura 4 – Recipiente plástico (20l) utilizado para armazenar água coletada pelas calhas _____	p. 58
Figura 5 – Sistema de coleta de precipitação que atravessa a vegetação: conexão calha – galão _____	p. 59
Figura 6 – Galões colocados em covas abertas no solo _____	p. 59
Figura 7 – Proveta e funil utilizados para medir o volume armazenado nos galões _____	p. 60
Figura 8 – Execução de medidas de campo _____	p. 60
Figura 9 - Execução de medidas de campo _____	p. 60
Figura 10 – Variação percentual dos totais de lâmina de água no solo e de precipitação interceptada _____	p. 65
Figura 11 – Variação da precipitação incidente, lâmina de água no solo e precipitação interceptada ao longo do tempo – Calha 1 _____	p. 66
Figura 12 - Variação do Índice de Área Foliar médio entre as calhas _____	p. 67
Figura 13 – Levantamento topográfico da área experimental _____	p. 68
Figura 14 – Distribuição espacial do Índice de Área Foliar do período de 19 e 20/07/99 _____	p. 69
Figura 15 - Variação do Índice de Área Foliar de cada calha ao longo do tempo _____	p. 70
Figura 16 – Variação da precipitação interceptada total das calhas conforme o Índice de Área Foliar médio _____	p. 71
Figura 17 - Variação entre as calhas da lâmina total de água no solo conforme o do Índice de Área Foliar médio do período _____	p. 72

Figura 18 - Variação percentual da lâmina de água média no solo e da precipitação interceptada média em relação à evolução do Índice de Área Foliar ao longo o tempo – Calha 1 _____	p. 74
Figura 19 - Variação percentual da lâmina de água no solo conforme a precipitação incidente – Calha 1 _____	p. 77
Figura 20 - Variação percentual da lâmina de água no solo conforme a precipitação incidente – Modelo linear para o conjunto de calhas _____	p. 78
Figura 21 - - Variação percentual da lâmina de água no solo conforme a precipitação incidente para Índice de Área Foliar entre 1,5 e 1,3 – Classe 8 _____	p. 79
Figura 22 – Relação entre o coeficiente angular e o Índice de Área Foliar médio de cada classe _____	p. 80
Figuras Apêndice A (A1 a A5) _____	p. 99
Figuras Apêndice B (B1 a B58) _____	p. 105
Figuras Apêndice C (C1 a C7) _____	p. 164
Figuras Apêndice D (D1 a D16) _____	p. 172
Figuras Apêndice E (E1 a E29) _____	p. 189
Figuras Apêndice F (F1 a F29) _____	p. 219
Figuras Apêndice G (G1 a G7) _____	p. 249

## LISTA DE SÍMBOLOS

**C:** Retenção de Água

**C<sub>máx</sub>:** Máxima Retenção de Água

**EC:** Escoamento pelo Caule

**I:** Precipitação Interceptada, expressa em porcentagem

**P<sub>I</sub>:** Precipitação Incidente

**P<sub>E</sub>:** Precipitação Efetiva

**P<sub>L</sub>:** Lâmina de Água no Solo

**P<sub>P</sub>:** Precipitação Interceptada, expressa em milímetros de água

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Características e dimensões das calhas coletoras (seção retangular) \_\_\_\_\_ p. 57
- Tabela 2 – Valores totais de precipitação incidente, lâmina de água no solo e precipitação interceptada, e período de coleta de cada calha \_\_\_\_\_ p. 64
- Tabela 3- Modelo linear, coeficiente angular (a), coeficiente linear (b) e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para cada calha \_\_\_\_\_ p. 75
- Tabela 4 – Classes de IAF, intervalo das classes, calhas pertencentes a cada classe \_ p. 76
- Tabela 5 – Modelos lineares, IAF médio do intervalo, coeficientes linear (a), linear (b) e de determinação ( $R^2$ ) para as classes de IAF \_\_\_\_\_ p. 76
- Tabela 6 – Precipitação incidente total do período de fevereiro a dezembro do ano de 1989 ao ano de 1999 \_\_\_\_\_ p. 81

## RESUMO

A quantidade de precipitação interceptada pela cobertura vegetal representa uma parcela importante do balanço hídrico em bacias hidrográficas. No estado de São Paulo, há um grande número de bacias hidrográficas com cobertura predominante de cana-de-açúcar, uma das culturas de maior importância econômica nesse estado. A cana-de-açúcar é matéria-prima fundamental para produção de açúcar e álcool. Percebendo a relevância da cultura de cana-de-açúcar bem como do processo de interceptação, foi elaborado um estudo que monitorou a perda por interceptação durante o período de 05 de fevereiro a 20 de dezembro de 1999. O experimento foi implantado em uma área da Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP, município de Campinas, SP, cultivada com a variedade NA 72454. Foram instaladas 29 calhas coletoras abaixo da folhagem da cultura, entre as linhas de plantio, cada qual conectada a um reservatório de armazenamento. Medidas diárias do volume armazenado forneceram a quantidade da precipitação que atingia o solo. A partir das lâminas diárias de precipitação incidente e de precipitação que chega ao solo calculou-se os valores diários da precipitação interceptada. Medidas mensais do índice de área foliar (IAF) foram executadas para cada uma das calhas e para toda a parcela. No período de estudo, a precipitação incidente total analisada foi de 778,9mm, dos quais 39,5% foram interceptados e 60,5% representaram a lâmina de água no solo (valores médios). Aplicou-se um modelo linear para analisar cada calha individualmente e outro, para o conjunto de calhas. Também foi estabelecido um modelo linear considerando a variação do IAF. Assim, obteve-se um modelo para espacialização dos resultados de interceptação.

## **ABSTRACT**

### **INTERCEPTION OF RAIN ON SUGAR CANE**

The quantity of precipitation intercepted by the vegetation covering represents an important part of the hydric balance in watershed. In São Paulo there is a great number of hydrographic basin with predominant covering sugar cane, one of the most important economic cultivation in this state. Sugar cane is the fundamental row material for the production of sugar and alcohol. As the importance of sugar cane cultivation was noticed, as well as the process of interception, a study has been made which monitored the loss by interception, from February 5th to December 20th 1999. The experiment was implanted in an area of Agricultural Engineering College - UNICAMP, Campinas, SP, cultivated in the variety NA 72454. The 29 collecting gutters were installed under the cultivation foliage among the planting area, and each one was connected to a storage tank. The daily measures of the volume of storage gave the quantity of the precipitation that hit the soil, from which the value of the interception has been calculated. Monthly measures of the leaf area index (LAI) were made for each gutter. By the time of the studies, the total incident precipitation was 778,9mm, from which 39,5% was intercepted and 60,5% corresponded to the throughfall. A linear model was applied to analyse each gutter individually and one for the whole of gutters. A linear model was established considering the variation of LAI. Therefore, a model has been obtained for the spatial variability of the result of interception.

## SUMÁRIO

<b>I - INTRODUÇÃO</b>	
1.1. <i>Água: recurso vital</i> _____	1
1.2. <i>Cana-de-açúcar e Brasil</i> _____	2
1.3. <i>Justificativa</i> _____	6
<b>II – OBJETIVOS</b> _____	7
<b>III – REVISÃO DA LITERATURA</b>	
3.1. <i>Ciclo hidrológico e interceptação</i> _____	8
3.2. <i>Índice de Área Foliar</i> _____	10
3.3. <i>Índice de Área Foliar e cana-de-açúcar</i> _____	11
3.4. <i>Interceptação em florestas</i> _____	12
3.5. <i>Interceptação em culturas</i> _____	43
<b>IV – MATERIAIS E MÉTODO</b>	
4.1. <i>Localização do experimento</i> _____	53
4.2. <i>Caracterização da área experimental</i> _____	54
4.3. <i>Medidas de campo</i>	
4.3.1. <i>Parâmetros climáticos</i> _____	55
4.3.2. <i>Precipitação incidente</i> _____	55
4.3.3. <i>Precipitação que atinge o solo</i> _____	55
4.3.4. <i>Escoamento pelo caule</i> _____	56
4.3.5. <i>Índice de Área Foliar</i> _____	56
4.4. <i>Determinação da quantidade de água interceptada</i> _____	61
4.5. <i>Modelo matemático</i> _____	62
<b>V – RESULTADOS</b> _____	63
<b>VI – DISCUSSÃO</b>	
6.1. <i>Precipitação incidente</i> _____	81
6.2. <i>Precipitação interceptada e lâmina de água no solo</i> _____	81
6.3. <i>Modelo matemático</i> _____	83
<b>VII – CONCLUSÃO</b> _____	86
<b>VIII – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> _____	87

***IX – APÊNDICES***

<i>9.1. Apêndice A</i>	<b>98</b>
<i>9.2. Apêndice B</i>	<b>105</b>
<i>9.3. Apêndice C</i>	<b>164</b>
<i>9.4. Apêndice D</i>	<b>172</b>
<i>9.5. Apêndice E</i>	<b>189</b>
<i>9.6. Apêndice F</i>	<b>219</b>
<i>9.7. Apêndice G</i>	<b>249</b>

## I – INTRODUÇÃO

A Terra é composta por 75% de água dos quais apenas 1% está disponível para o consumo (ÁGUA, 2000). Apesar da “abundância”, água potável é um privilégio e o século XXI será marcado pela disputa por água.

### 1.1. *Água: recurso vital*

A água é um recurso natural imprescindível à sobrevivência do homem. Constitui um fator de produção indispensável e em muitos casos, insubstituível; é renovável em quantidades limitadas; é um recurso móvel e de utilização intersetorial. Entre suas finalidades destacam-se abastecimento doméstico, abastecimento industrial, produção de energia hidroelétrica, irrigação, atividades recreativas e culturais. O resultado das aplicações dos recursos hídricos pode ser o consumo de certa quantidade de água que não é diretamente restituída às fontes iniciais e ou, a deterioração de sua qualidade ocasionada pela poluição.

Em relação à produção agrícola, a água pode vir a representar até 90% da composição física das plantas. Na indústria, para se obter os mais diferentes produtos as quantidades necessárias de água são muitas vezes superiores ao produzido. Para que se fabrique um litro de gasolina são necessários dez litros de água; um quilo de açúcar requer cem litros de água; para se conseguir um quilo de alumínio precisa-se de cem mil litros de água (FREITAS, 1998).

A água distribui-se irregularmente no tempo e no espaço, em função das condições geográficas, climáticas e meteorológicas. Apesar de existir em uma quantidade praticamente constante (cerca de 1.400 milhões de km<sup>3</sup>) e de ocorrer simultaneamente nos estados sólidos, líquido e gasoso, a disponibilidade da água afeta de maneira marcante o desenvolvimento econômico. CUNHA *et al.* (1980) chegam a afirmar que as quantidades de água consumidas constituem verdadeiros índices de desenvolvimento.

Mesmo não podendo ser diminuída a quantidade global de água, esta não pode ser aumentada contrariamente ao que ocorre com outros recursos como a madeira. O crescimento incessante das captações de consumo geradas pela concentração urbana, pela industrialização, pela elevação gradual do nível de vida das populações e ainda, pelo aumento acelerado da população mundial, mostra que se caminha lenta, mas irremediavelmente para situações de carência de água.

O consumo mundial de água cresceu mais de seis vezes entre os anos de 1900 e 1995, mais que o dobro das taxas de crescimento da população (WMO, 1997). Embora as fontes

hídricas globais sejam abundantes, elas estão mal distribuídas na superfície do planeta. Em algumas áreas, as retiradas são tão elevadas em comparação à oferta, que a disponibilidade superficial de água está sendo reduzida e os cursos subterrâneos estão se esgotando rapidamente (FREITAS, 1998).

Entre as formas de se combater a carência de água destacam-se a redução do consumo, a reutilização e recirculação da água, o controle da poluição, o melhor aproveitamento dos recursos hídricos disponíveis fazendo uso de retenção e transferência de reservas hídricas, o reordenamento agro – florestal, a modificação de produtos industriais. Outras alternativas são a dessalinização da água do mar, a produção artificial de chuva, a utilização de água do gelo polar, a redução da evaporação e evapotranspiração e a modificação do regime de plantio.

O Brasil possui a maior disponibilidade hídrica do planeta (FREITAS, 1998), detém de 13% da água. Porém, toda essa água encontra-se mal distribuída pelo território: 75% das reservas hídricas estão na Amazônia, 8% nas regiões Sul e Sudeste e 3% no Nordeste (ÁGUA, 2000).

No estado de São Paulo, por exemplo, o desenvolvimento econômico e social tem aumentado as demandas de água para abastecimento urbano, industrial e de irrigação. A demanda hídrica total para o estado de São Paulo foi estimada, em 1984, em 231,1m<sup>3</sup>/s sendo 69,9m<sup>3</sup>/s para abastecimento urbano, 105,2m<sup>3</sup>/s para abastecimento industrial e 56,0m<sup>3</sup>/s para irrigação. Segundo o GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO (1987) essa demanda representa 15% da disponibilidade hídrica de referência. A vazão de referência, que considera a regularização assegurada por reservatórios e as contribuições mínimas das áreas das bacias não controladas, é estimada em 1511m<sup>3</sup>/s, o que corresponde a 48% do escoamento total (máximo potencial teoricamente desenvolvido).

Como as disponibilidades hídricas são limitadas, cada vez mais os conflitos entre usos e usuários se acentuam tornando irremediável a implantação de uma gestão dos recursos hídricos cujo objetivo é colocar em prática técnicas que permitam obter máximo benefício para coletividade, assegurando a manutenção da água por tempo ilimitado e em condições benéficas de utilização.

## **1.2. Cana-de-açúcar e Brasil**

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum ssp.*), membro da tribo *Antropogonae*, família das gramíneas, pode ser originária da Índia ou da China (teoria não muito difundida), é uma das mais importantes matérias primas fornecidas pela agricultura, não só pela extensão da área cultivada mundialmente, como também em decorrência das repercussões econômicas e sociais

que exerce nos países produtores (PINTO, 1965). Seus principais produtos são o açúcar e o álcool.

A cana-de-açúcar foi um dos elementos principais para a formação, no Brasil, das bases econômica, política e social e ainda hoje, o setor produtor de cana é de suma importância não só como gerador de renda na agricultura, mas também como agente definidor de fatores de produção, em especial no uso de áreas agrícolas.

No Brasil, a cana-de-açúcar começou a ser cultivada para fins lucrativos após o término do ciclo do pau-brasil, quando a então colônia portuguesa foi dividida em capitânicas hereditárias (INSTITUTO DO AÇÚCAR E ÁLCOOL, 1972). Foi escolhida por ser um produto tropical com grande valor comercial e seu cultivo extensivo possibilitaria uma maior penetração no vasto território brasileiro. Além disso, por ser muito procurada no mercado europeu, os gastos com o cultivo e o transporte transatlântico seriam compensados (CONDE, 1971).

A partir de 1560 com o crescimento da produção de açúcar no Brasil, Portugal tem posição consolidada no mercado mundial fazendo com que fossem adotadas medidas de amparo à produção como isenção de impostos para fábricas construídas e privilégios de nobreza aos senhores de engenho e, em pouco tempo, o açúcar do Brasil, cuja qualidade superava a dos concorrentes, era quase exclusivo nas praças européias (INSTITUTO DO AÇÚCAR E ÁLCOOL, 1972).

Na passagem do século XVII para XVIII, o açúcar brasileiro começara a sofrer a concorrência da produção das Antilhas, além das restrições impostas à sua entrada nas metrópoles inglesas, francesas e holandesas (INSTITUTO DO AÇÚCAR E ÁLCOOL, 1972).

A partir de 1815, com a introdução das máquinas a vapor e a substituição da lenha pelo bagaço da cana - medida que permitiu que diversos engenhos paralisados por falta de combustível tradicional voltassem a funcionar, como também favoreceu o cultivo de cana em áreas antes destinadas à produção de lenha - surgem as usinas e com elas a necessidade de cuidados especiais com a lavoura como seleção de sementes, irrigação, processos racionais de cultura da terra, visando o melhoramento do produto (INSTITUTO DO AÇÚCAR E ÁLCOOL, 1972). O parque industrial açucareiro vai tomando caráter mais prático, porém de maneira lenta e já atrasada com relação a outras colônias açucareiras (BRITO, 1949).

Sofrendo pressão de fatores adversos, o açúcar brasileiro vai cedendo lugar aos concorrentes, caindo do primeiro lugar na pauta de exportações do Brasil, para o terceiro, à época da proclamação da República (DE CARLI, 1940).

A primeira Guerra Mundial deixou os fabricantes de açúcar de beterraba sem mercado favorecendo aos produtores de açúcar de cana uma recuperação, através da introdução de melhoramentos nas culturas e aumento da produção. Porém, o Brasil não acompanhou o grande surto mundial do pós-guerra uma vez que, somente perto de 1929 algumas grandes usinas encontravam-se em construção. O país também foi impedido de concorrer nos mercados mundiais, por determinação do governo de Epitácio Pessoa, devido às excessivas cotações do açúcar no mercado interno (DE CARLI, 1940).

O aumento da produção trouxe, a nível mundial, a necessidade de limitação como medida de equilíbrio entre as possibilidades de consumo e a capacidade de produção. No caso do Brasil, tinha-se a alternativa de dar vazão a, pelo menos, nove décimos do açúcar produzido via mercado interno. Nos países que dependiam da exportação de seu açúcar, a limitação de produção acarretou sacrifícios maiores (TRUDA, 1934).

Como o Brasil apresentava condições de aproveitar os excedentes de matéria prima na fabricação de álcool carburante, através de intervenção federal, pelo decreto 19717 de fevereiro de 1931, tornou-se obrigatória a aquisição de álcool (proporção de 5%) pelos importadores de gasolina (INSTITUTO DO AÇÚCAR E ÁLCOOL, 1972).

O álcool combustível era o produto da cana-de-açúcar que apresentava ótimas perspectivas para sua ampla aplicação e consumo, uma vez que a importação de gasolina já se apresentava em elevados patamares e a tenderia a crescer ainda mais. Assim, com o excedente de matéria prima do açúcar bem como eventuais acréscimos de produção teriam como destino a fabricação de álcool motor (TRUDA, 1934).

Pelo decreto 22789 de 01 de junho de 1933, o governo provisório da República cria o Instituto do Açúcar e Álcool cujo programa proposto para fomentar a fabricação de álcool anidro no Brasil consistia da criação de três destilarias de desidratação de álcool, localizadas nos três grandes centros distribuidores de gasolina a granel (estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Pernambuco) e, favorecer por meio de auxílios financeiros, a criação de cooperativas que se destinem a montar destilarias centrais, de interesse regional, para a produção de álcool anidro utilizando como matéria prima o melaço ou o excesso de produção de açúcar (TRUDA, 1934).

A crise energética pós 1973, onde conflitos no oriente médio elevaram o preço do barril de petróleo de pouco mais de US\$2 para até US\$12, e a necessidade de substituição das fontes tradicionais de energia forneceram condições para a ampliação da produção do álcool hidratado carburante a partir da cana-de-açúcar, implementando o programa denominado “Pró Álcool”.

Além disso, foram desenvolvidas tecnologias que permitem o aproveitamento de subprodutos da cana como o bagaço e a vinhaça (MANUEL, 1986).

O “Pró Álcool” foi criado em 1975 por um decreto do então presidente Ernesto Geisel. O Programa Nacional do Álcool passou a oferecer, por meio do Banco do Brasil e do extinto Instituto do Açúcar e Álcool, linhas de crédito a plantadores de cana e usineiros, com taxas de juros subsidiadas. Para estimular a compra de carros a álcool, o Governo estabeleceu, na época, que o combustível seria 20% mais barato que a gasolina (PEREIRA, 1999).

Em 1979 surge o primeiro carro a álcool produzido em série no Brasil, o Fiat 147. A produção cresceu estimulada ainda pela segunda crise do petróleo, entre os anos de 1978 e 1979. De acordo com PEREIRA (1999), o ápice do programa foi atingido entre 1985 e 1986, quando 96% da produção nacional era de automóveis a álcool e seu declínio se iniciou em 1988, quando os preços da gasolina se estabilizaram no mercado internacional.

No ano de 1989, os usineiros começaram a pressionar o governo do presidente José Sarney reclamando preços mais altos para e o combustível passou a faltar nos postos de abastecimento, o que provocou a queda na venda de carros a álcool. Em 1990, o programa levou mais um golpe com o lançamento de carros populares com motor 1,0 que não utilizam álcool como combustível (PEREIRA, 1999).

Em 1995, somente 4% dos carros a álcool fabricados no Brasil foram vendidos e, em 18 de outubro do mesmo ano foi criada a Comissão Internacional de Álcool para definir novos rumos para o programa.

No segundo semestre de 1999 o álcool voltou a receber incentivos governamentais. Alguns estados ofereceram isenção de impostos para carros a álcool levando a indústria a experimentar um certo aquecimento. Porém, como os preços do combustível não estão muito atrativos e as pessoas temem uma nova falta de álcool no mercado, o “Pró Álcool” ainda não conseguiu unir forças para se reerguer.

Apesar disso, a produção nacional de álcool é grande. Na safra de 1996/97 foram fabricados 14 bilhões de litros segundo a COPERSUCAR (1998), cooperativa que produz açúcar e álcool. Quanto ao açúcar, a mesma rendeu ao país 14 milhões de toneladas das quais 5,4 milhões foram exportadas (COPERSUCAR, 1998).

### ***1.3. Justificativa***

A água é renovável pelo ciclo hidrológico. Assim sendo, as entradas e saídas de água de uma bacia hidrográfica estão intimamente ligadas com os processos hidrológicos, como precipitações pluviométricas, escoamento superficial, escoamento subterrâneo e subsuperficial, e perdas por evaporação e transpiração (VIEIRA, 1982).

O processo de interceptação, etapa do ciclo hidrológico onde a água que cai sobre uma cobertura vegetal tem parte de seu volume interceptado por folhas e caules, retém um volume de água que é perdido por evaporação, reduz em quantidade e retarda o volume precipitado que atinge o solo. A interceptação das precipitações por cobertura vegetal constitui um dos fatores de maior importância no estabelecimento de balanço hídrico, como componente da evapotranspiração da cobertura vegetal (STEWART, 1977; CALDER, 1977).

A precipitação anual sobre os continentes e ilhas corresponde a mais de 110.000km<sup>3</sup> (CUNHA *et al.*, 1980) e as perdas por interceptação vegetal podem chegar a 25% desta precipitação (TUCCI *et al.*, 1993).

Considerando a importância da cultura de cana-de-açúcar no Brasil e, particularmente, no estado de São Paulo onde dados do levantamento censitário de unidades de produção agropecuária de 1995/96 mostraram que dos 19.999.484 hectares do estado, 2.886.312 hectares foram explorados com cana-de-açúcar (segundo lugar em exploração vegetal) (SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1998), a relevância do processo de interceptação e sabendo que estudos e projetos para preservação e utilização de recursos hídricos dependem dos processos hidrológicos, encontrou-se motivação para desenvolver um estudo sobre a interceptação de chuvas na cultura de cana-de-açúcar. Esse trabalho, parte integrante do projeto “Estudos de fluxos de água dentro de uma parcela de cana-de-açúcar” aprovado pela FAPESP (nº 96/5252-3), pretende fornecer informações que colaborem para o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos no estado de São Paulo e do Brasil.

## **II - OBJETIVOS**

Os objetivos da pesquisa foram:

1. avaliar a interceptação de chuvas na cultura de cana-de-açúcar em função de características da mesma (densidade de vegetação, grau de desenvolvimento);
2. estabelecer um modelo matemático que relacione as quantidades de precipitação interceptadas com a estrutura e o desenvolvimento da cultura.

### III - REVISÃO DA LITERATURA

A maioria dos estudos sobre interceptação foi conduzida em cobertura florestal, devido à preocupação de seu efeito sobre a parcela de chuvas que realmente seria útil ao homem, não se perdendo por evaporação nos grandes povoamentos florestais. Estudos com culturas de subsistência, anuais ou perenes, são escassos. Assim, procurando encontrar informações que auxiliem na compreensão do processo de interceptação, no planejamento e montagem do experimento, na elaboração de um modelo matemático, e na posterior análise de dados, foram pesquisados, inclusive, trabalhos sobre interceptação em florestas.

#### *3.1. Ciclo hidrológico e interceptação*

O fenômeno de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, acionado pela energia solar associada à gravidade e à rotação terrestre é denominado ciclo hidrológico. Neste ciclo que permanentemente se renova, a água evapora-se dos oceanos, mares, lagos e rios, é liberada por transpiração e eliminação fisiológica das plantas e animais, condensa-se na atmosfera, precipita-se sobre oceanos e continentes, infiltra-se e escoam sobre os terrenos, acabando por voltar a alimentar rios, lagos e oceanos.

A precipitação ocorre quando é formada uma grande quantidade de gotas de tamanho e peso suficientes, fazendo com que a força da gravidade supere a turbulência normal ou os movimentos ascendentes do meio atmosférico. Durante seu percurso em direção à superfície, a precipitação sofre evaporação. Em algumas regiões esta evaporação atinge níveis significativos, existindo casos em que a precipitação é totalmente vaporizada.

No solo ocorre infiltração de parte da precipitação que nele chega, enquanto a capacidade de infiltração for superior a intensidade de água que atinge o solo. A partir do momento que o solo atinge a saturação superficial, a infiltração decresce até uma taxa residual, e o excesso não infiltrado pode vir a gerar o escoamento superficial. Os vegetais, por meio de absorção pelas raízes, aproveitam uma parte da água advinda da infiltração e a devolvem à atmosfera, quase que toda, por transpiração.

Quando a chuva cai sobre um solo com cobertura vegetal parte do volume precipitado sofre interceptação em folhas e caules. Através da ação dos ventos ou quando é excedida a capacidade de armazenar água na superfície dos vegetais, a água interceptada pode reprecipitar-se sobre o solo.

Com o intuito de tornar mais fácil o entendimento do processo de interceptação, principalmente para aqueles não familiarizados com esta fase do ciclo hidrológico, são descritos alguns conceitos mais comumente usados em estudos de interceptação. De acordo com HELVEY e PATRIC (1965) tem-se:

- Interceptação: processo pelo qual a água da chuva é temporariamente retida pelas copas das árvores, sendo subsequentemente redistribuída em água que respinga no solo, água que escoo pelo tronco e água que volta à atmosfera por evaporação.

- Precipitação Incidente ( $P_I$ ): quantidade de chuva que é medida em terreno aberto, ou acima das copas das árvores.

- Precipitação Interna ( $P_L$ ): chuva que atinge o solo, incluindo gotas que passam diretamente pelas aberturas existentes entre as copas e gotas que respigam das copas.

- Escoamento pelo Caule (EC): água da chuva que, depois de retida pelas copas, atinge o solo escoando pelos caules (troncos) das árvores.

- Precipitação Efetiva ( $P_E$ ): chuva que efetivamente chega ao solo:  $P_E = P_L + EC$ .

- Perda por Interceptação ( $P_P$ ): parte da água interceptada que evapora diretamente das copas, não atingindo, portanto, o solo. Este componente não é medido diretamente, mas calculado por diferença, conforme a equação:  $P_P = P_I - (P_L + EC)$  **(1)**

O processo de interceptação de chuvas depende das características das precipitações (intensidade, volume precipitado e chuva antecedente); das condições climáticas sendo que a intensidade do vento é o fator climático mais significativo; do tipo (caracteriza a quantidade de gotas que cada folha pode reter) e densidade da vegetação (indica o volume retido em uma superfície de bacia, por exemplo); do grau de desenvolvimento vegetal e da estação do ano (a vegetação apresenta variação de folhagem ao longo do ano). Em geral, os estudos experimentais sobre a repartição das chuvas são trabalhosos e onerosos, exigindo a instalação de vários pluviômetros e pluviógrafos para medição da precipitação interna e coletores para escoamento do caule.

A quantificação da precipitação incidente é realizada através de postos localizados em clareiras próximas às áreas de interesse, e deve ser suficientemente precisa para evitar resultados falsos. A distribuição dos postos depende do tipo de precipitação local e do grau de precisão desejado, sendo que os maiores problemas ocorrem em locais onde a vegetação tem altura considerável (TUCCI, 1993).

A precipitação que atravessa a vegetação é medida por drenagem especial colocada abaixo das árvores e distribuída de tal forma a obter uma representatividade espacial desta variável, sendo necessário muito mais equipamentos para medida desse parâmetro que para medida da precipitação total. Este fato é devido a grande variabilidade encontrada nos espaços e nas características da vegetação. Assim sendo, a quantificação desta variável em gramados e vegetação rasteira mostra-se muito difícil (TUCCI, 1993).

O escoamento pelos troncos constitui uma pequena parcela do total precipitado (de 1 a 15%) e, sua medição somente é viável para vegetação com tronco de magnitude razoável (TUCCI, 1993). O pequeno volume e o custo de sua medição, tornam o escoamento do caule muitas vezes negligenciado nos estudos de interceptação (HELVEY e PATRIC, 1965).

A interceptação pode ser determinada por meio de equações empíricas ou por fórmulas conceituais. Nos modelos conceituais os quais retratam a transformação da precipitação em vazão, a interceptação é considerada um reservatório com uma capacidade máxima, de acordo com o tipo de cobertura vegetal (TUCCI, 1993).

### **3.2. Índice de Área Foliar**

A folha é o organismo vegetal onde se efetuam a fotossíntese e a transpiração. Todas as trocas gasosas são executadas pelos vegetais a nível foliar. A análise e a modelagem dos processos relacionados à vegetação são mais fáceis de serem associadas por unidade de superfície do solo, do que por unidade de superfície foliar. Outros recursos utilizados pelos vegetais também são correlacionados com a unidade da superfície do solo como: radiação solar, disponibilidades hídricas e nutrientes (BALDHWAR *et al.*, 1986).

A integração dos fenômenos das trocas hídricas a nível foliar relacionados à cobertura vegetal, pode ser realizada com a ajuda de um índice que permite estimar a superfície fotossinteticamente ativa. O índice de área foliar também é o parâmetro-chave para a espacialização das condições da cobertura vegetal em uma bacia hidrográfica ou região (WIGMOSTA *et al.*, 1994), podendo ser estimado por teledetecção (NEMANI e RUNNING, 1989; PETERSON *et al.*, 1987; WIEGNARD e RICHARDSON, 1990; TEIXEIRA FILHO *et al.*, 1995), possibilitando a realização de cruzamentos das dimensões espaciais e temporais na dinâmica dos fenômenos de superfície, como a evolução da vegetação. O índice de área foliar também pode ser aliado ao grau de desenvolvimento para uma determinada cultura. A modelagem do Índice de Área Foliar (IAF) é um aspecto importante para representar

adequadamente todos os estádios de desenvolvimento da cultura, em especial, nos estudos de fluxos de água (BALDHWAR *et al.*, 1986).

### **3.3. Índice de Área Foliar e cana-de-açúcar**

As folhas são a fábrica na qual água, dióxido de carbono e nutrientes são convertidos em carboidratos na presença da luz solar. De acordo com HUMBERT (1968) são três as funções principais atribuídas às folhas: produção de carboidratos (fotossíntese); síntese de outros compostos a partir de carboidratos e transpiração.

As folhas da cana-de-açúcar são alternadas e opostas, consistindo de uma lâmina e uma bainha que envolve o colmo (BLACKBURN, 1984). O número de folhas verdes é pequeno em plantas jovens e aumenta à medida que o colmo cresce, atingindo um número máximo de 10 a 15 folhas por colmo, dependendo da variedade e condições de crescimento. À medida que novas folhas emergem, as mais velhas e inferiores secam, morrem e caem (HUMBERT, 1968).

A forma da curva de crescimento da cana-de-açúcar em função do tempo apresenta característica sigmóide, provavelmente não havendo influência da variedade (BULL e GLASZIOU, 1975; MACHADO *et al.*, 1982; MACHADO, 1981), apresentando três fases características: 1) fase inicial de crescimento lento; 2) fase de crescimento rápido e, 3) fase final de crescimento lento. Uma quarta fase característica, de ligeiro ou mesmo pronunciado decréscimo do valor de IAF, pode ser acrescentada à curva de crescimento de IAF (LEME *et al.*, 1984; McLEAN *et al.*, 1968).

No início da cultura, o IAF é pequeno e apresenta um crescimento lento, aumentando rapidamente até um máximo, e permanecendo praticamente constante ou diminuindo em condições climáticas desfavoráveis (MACHADO *et al.*, 1982). O aumento do IAF ocorre tanto em função do aumento do número de folhas por colmo, como do aumento da área foliar individual.

Existe constante renovação de folhas, sendo as folhas mais velhas mortas e substituídas por folhas mais jovens e mais eficientes do ponto de vista fotossintético (VAN DILLEWIJN, 1950; MACHADO, 1987). A área foliar da planta, portanto, depende do balanço entre taxas de emissão e de senescência foliar.

Uma substancial associação entre a produtividade da cultura e a superfície total fotossintética existe, representada pelo IAF (IRVINE, 1975). De acordo com HESKETH e BAKER (1967), o valor de IAF está intimamente associado com a quantidade de luz absorvida e

com a fotossíntese total. Ao ser interceptada pelo dossel da cultura, a radiação solar pode ser absorvida, transmitida e refletida em proporções variáveis, dependendo do ângulo de incidência dos raios solares e das características estruturais das plantas, sendo que o IAF é uma destas características (MACHADO *et al.*, 1985).

O Índice de Área Foliar ótimo não é necessariamente o máximo índice registrado, mas aquele no qual as folhas inferiores sejam mantidas fotossinteticamente ativas, para que não tenham que ser suportadas por metabólitos transportados de folhas superiores (CHANG, 1968). Por outro lado, se o IAF é menor que o valor ótimo, parte da radiação solar será desperdiçada, e a produtividade cairá abaixo da potencial.

A variação sazonal de IAF tem um peso fundamental na decisão da data de plantio. Seria ideal que o IAF máximo ocorra quando as condições climáticas são mais favoráveis à fotossíntese, ou seja, na época de maior disponibilidade de radiação solar e água (CHANG, 1968).

A área foliar ótima está ao redor de 9 a 12 m<sup>2</sup> de folhas por m<sup>2</sup> de terreno (CHANG, 1968). YOON (1971), encontrou valores de IAF máximo da ordem de 5 e valores de IAF na maturação de 3,56. MACHADO (1981) mostra valores de IAF máximos ao redor de 3,7 não decrescendo mais a partir deste ponto. SAN JOSÉ e MEDINA (1970) encontraram um valor máximo de IAF de 7,6.

### **3.4. Intercepção em florestas**

LEONARD (1961) analisou os componentes da precipitação líquida, precipitação que atravessa a folhagem e escoamento pelo caule em uma floresta de madeira de lei, com aproximadamente 50 anos de formação, durante dois períodos de verão (1958 e 1959) nas Montanhas Brancas de New Hampshire. O estudo foi realizado em 3 parcelas com condições semelhantes, de meio acre cada. As espécies presentes nas parcelas eram: Beech, Sugar Maple, Yellow Birch e Miscellaneous, sendo que o número de árvores era 668, 590 e 724 nas parcelas 1, 2 e 3 respectivamente. A precipitação que atravessa a folhagem foi coletada em 5 pluviômetros do tipo padrão Weather Bureau, colocados no chão de 5 malhas quadradas, selecionadas ao acaso em cada área. Os medidores eram posicionados em novos pontos selecionados fortuitamente, depois de uma precipitação de 0,30 polegadas (7,62mm) ou mais. O escoamento pelo caule foi medido em dois grupos de árvores representativas das espécies principais mais comuns do local, selecionadas ao acaso, localizadas entre as parcelas de precipitação que atravessa a folhagem. Ao todo foram 37 árvores sendo que uma área de 1/20 acre continha 15 árvores, e uma outra de 1/10

acre, 22. A água era coletada por colarinhos de zinco e conduzida a tambores de 55 galões de volume (1 galão = 4 litros e 54 centilitros). Nas árvores menores foram usadas latas de 5 galões e pesadas. A chuva em campo aberto foi determinada pela média das medidas obtidas em 4 clareiras localizadas dentro das áreas de 1000 pés (304,8m). Foi instalado um pluviógrafo em cada uma das quatro clareiras. Medidas de precipitação incidente, precipitação que atravessa a folhagem e escoamento pelo caule foram executadas depois de cada chuva. Para um total de 34 eventos de chuva, foi empregado o método da regressão linear para obter as relações entre precipitação que atravessa a folhagem ( $P_L$ ) e precipitação incidente ( $P_I$ ),  $P_L = 0,898 P_I - 0,03$ ; entre escoamento pelo caule (EC) e precipitação incidente ( $P_I$ ),  $EC = 0,056 P_I - 0,002$ , e entre precipitação líquida ( $P_E$ ) e precipitação incidente ( $P_I$ ),  $P_E = 0,955 P_I - 0,03$ . A precipitação efetiva para o período de estudo foi de 87% da precipitação incidente, sendo 82% de precipitação que atravessa a folhagem e 5% de escoamento pelo caule.

No Brasil, LIMA (1976) efetuou durante dois anos consecutivos (de junho de 1973 a junho de 1975), medidas de precipitação incidente ( $P_I$ ), precipitação efetiva ( $P_E$ ) (precipitação interna mais escoamento pelo caule), precipitação interna ( $P_L$ ) e escoamento pelo caule (EC) em plantações de aproximadamente 1 hectare de *Eucalyptus saligna* Smith e *Pinus caribe* Morelet var. *caribaea*, ambas com 6 anos de idade e espaçamento de 3m x 2m, localizadas no campus da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, São Paulo. As medidas foram realizadas em parcela retangular de 1/10 hectares, localizados no centro de cada povoamento. A precipitação total foi medida em uma parcela aberta por meio de um pluviógrafo tipo Hellman e de um pluviômetro comum com área de captação de 311cm<sup>2</sup> sendo que a leitura era feita imediatamente após cada chuva. A precipitação interna foi medida através de pluviômetros pequenos (interceptômetros) com área de captação de 127cm<sup>2</sup>, sendo utilizados 12 pluviômetros em cada povoamento os quais foram relocados quatro vezes dentro de cada povoamento. O escoamento pelo tronco foi medido com o auxílio de dispositivos de borracha fixados ao redor de troncos das árvores. As extremidades destes dispositivos conduziam a água para um funil plástico ligado a um recipiente com capacidade para armazenar 20 litros. Foram usados 10 destes dispositivos em cada povoamento ao quais eram substituídos a cada 2 ou 3 meses sendo que os novos eram instalados em árvores diferentes. Durante o período de análise, foram medidas 64 chuvas isoladas que variaram de 0,8mm a 65mm. As relações entre  $P_I$ ,  $P_L$ ,  $P_E$  e EC foram analisadas por regressão linear e são expressas pelas seguintes equações, sendo que os índices  $e$  e  $p$  indicam eucalipto e pinus, respectivamente  $P_{Ee} = 0,939 P_I - 0,629$  ( $r = 0,99$ );

$P_{Ep} = 0,978 P_I - 0,596$  ( $r = 0,99$ );  $P_{Le} = 0,890 P_I - 0,530$  ( $r = 0,99$ );  $P_{Lp} = 0,938 P_I - 0,570$  ( $r = 0,99$ );  $EC_e = 0,053PB - 0,060$  ( $r = 0,89$ );  $EC_p = 0,025PB + 0,136$  ( $r = 0,61$ ). Foram obtidos os seguintes valores médios em relação ao valor da precipitação total para repartição das chuvas nas áreas de estudo: eucalipto:  $P_L = 83,6\%$ ;  $EC = 4,2\%$ ;  $P_E = 87,8\%$ ;  $I = 12,2\%$ ; pinheiro:  $P_L = 90,4\%$ ;  $EC = 3,0\%$ ;  $P_E = 93,4\%$ ;  $I = 6,6\%$ .

SCHULZE *et al.* (1978) estudaram relações entre precipitação incidente diária e interceptação, e entre duração da chuva e interceptação para 4 categorias de intensidade de chuva, em um local de *Pinus patula* com 10 anos de idade, densidade de 750 talos por hectare, situado na estação de pesquisas hidrológicas do Pico Catedral, África do Sul. Durante o período de janeiro de 1971 a junho de 1972, foram analisados 113 eventos de chuva, e a interceptação foi monitorada por funcionários da estação de pesquisas. Detalhes do local experimental, da montagem e da instrumentação foram apresentados no artigo de Scott-Shaw *et al.*, 1978. A relação entre precipitação incidente diária ( $P_I$ ) e interceptação ( $P_P$ ) foi estabelecida por uma expressão semilogarítmica:  $P_P$  (mm) =  $0,846 + 2,142 \log_{10} P_I$  (mm), ( $n = 113$ ,  $r = 0,856$ ). A partir do gráfico desta relação pôde ser inferido que o valor da saturação do dossel para *Pinus patula* é cerca de 3,0mm, obtido depois que aproximadamente 100mm de chuva tenha caído. Para cada categoria de intensidade de chuva foi estabelecida uma relação semilogarítmica entre interceptação (mm) e duração (horas). Os resultados mostram que, dentro dos limites de duração observados, a interceptação aumenta com a intensidade de chuva. Os autores ressaltam que não foram registrados dados de temperatura, umidade e velocidade do vento, porém os tais dados são de grande importância para o processo de interceptação.

FORD e DEANS (1978) estudaram a repartição de chuva incidente sobre uma plantação de *Picea sitchensis* de 14 anos de idade, localizada na seção Rivox da Comissão Florestal da Floresta Greskine, Sul da Escócia. Precipitação que atravessa a folhagem e escoamento pelo caule foram medidos em uma parcela de 8m x 8m, com árvores plantadas com espaçamento 4 x 4m e altura variando entre 5,5 a 7,5m. A precipitação incidente total foi medida inicialmente com 5 pluviômetros padrão de 127mm de diâmetro espaçados em duas clareiras, uma a 300m e outra a 110m do local de estudo. Os medidores foram montados em um andaime da altura das árvores, dentro da área de investigação. O escoamento pelo caule foi coletado em dois sistemas: colarinhos fixos em uma zona livre de galhos e conectados a recipientes de 25 litros, e colarinhos fixados na base das árvores ligados a recipientes de 5 litros. Foram selecionados os escoamentos

pelo caule de 23 árvores durante uma semana de chuva fraca. Subseqüentemente foram coletadas 16 medidas semanais durante o período de 16 de dezembro de 1975 a 18 de maio de 1977. A precipitação que atravessa a folhagem foi coletada por funis metálicos de 152mm de diâmetro conectados a recipientes de 5 litros apoiados no chão. Foram executados dois arranjos: o primeiro experimento composto por 104 medidores distribuídos igualmente ao redor de uma árvore e, o segundo experimento composto por 6 linhas de 7 medidores irradiadas em intervalos de 60° a partir de uma única árvore, e com linhas correndo ao longo da fileira plantada. Para o primeiro arranjo foram coletadas 3 amostras de uma semana e para o segundo, foram amostradas 3 árvores com diferentes dimensões de copas, em intervalos de uma semana durante o período de 16 de dezembro de 1973 a 18 de maio de 1975. As copas das árvores sobrepostas formaram uma densa cobertura com 22, 44, 28 e 3% da área do chão coberta por folhagem de uma, duas, três e quatro árvores respectivamente. A precipitação total anual de 1639 mm apresentou a seguinte repartição pluviométrica durante o verão: 27% correspondendo ao escoamento pelo caule, 43% de precipitação que atravessa a folhagem e 30% de interceptação (calculada por diferença). Durante o período de inverno (janeiro – março), a precipitação que atravessa a folhagem aumentou para 57% e a interceptação caiu para 15%. Foi observado que a quantia de precipitação que atravessa a folhagem era maior próxima aos troncos das árvores e entre árvores da mesma linha, particularmente para níveis intermediários de chuva (20 – 40mm por semana).

PEARCE e ROWE (1979) analisaram dados do balanço de água para florestas da Nova Zelândia, com chuva variando de 1300mm/ano a 2650mm/ano e concluíram que a interceptação de chuva é o principal componente da perda evaporativa total. As perdas por interceptação aumentaram com a chuva anual e duração da umidade do dossel. Segundo os autores, nos ambientes úmidos estudados, perdas por interceptação são aproximadamente o dobro das perdas em transpiração. Altas taxas de evaporação da água interceptada durante uma chuva são indicativas das perdas observadas e concordam com expectativas teóricas dado que, a resistência da superfície se reduz a zero ou próximo de zero quando o dossel florestal está úmido. Com dados da Nova Zelândia, são elaboradas algumas estimativas preliminares de prováveis mudanças do rendimento de água como consequência da mudança de vegetação, para combinações selecionadas de clima e mudança no uso do solo.

ASTON (1979) estudou a interceptação de chuvas em plantas individuais de espécies de árvores selecionadas utilizando um simulador de chuvas. Foram selecionadas no campo seis

espécies de eucalipto (*Eucalyptus cinerea* F. Muell ex. Benth., *E. dives* Schau, *E. maculata* Hook, *E. mannifera* Mudie subsp. *maculosa*, *E. pauciflora* Sieb. Ex. Spreng e *E. viminalis* Labill), além da *Acacia longifolia* (Andrews) Willd. e *Pinus radiata*. Depois da seleção, cada árvore foi cortada e levada imediatamente para o laboratório. A altura das árvores variou de 1,3 a 1,7m, e cada árvore tinha a projeção de copa não se estendendo além de uma área de 1,5m x 1,0m que era o máximo atingido pelo simulador de chuva. Projeções das árvores experimentais no solo foram determinadas por fotografias tiradas de uma altura de aproximadamente 12m. A árvore seca era suspensa em uma balança e seu peso registrado. Em seguida a proteção contra chuva era levantada e o ensaio iniciado. A mudança de peso era registrada a cada 30 segundos durante os primeiros 5 minutos e depois, a cada 1 minuto. Quando atingido o equilíbrio, a proteção era abaixada e a mudança de peso devido às gotas de folhas e à drenagem do talo foi registrada para cada 30 segundos. A evaporação durante o período de chuva foi assumida como desprezível. As árvores foram submetidas a dois intervalos de intensidades de chuva: 22 – 52 e 72 – 98 mm/h. O total de área de folha foi medido em um planímetro eletrônico Paton ®. Foram testados dois modelos de interceptação: um modelo exponencial ( $C = C_{\text{máx}} [1 - \exp(-k P_1 / C_{\text{máx}})]$ ) baseado no modelo de Merriam (1960) que relaciona a retenção de água (C) à máxima retenção de água ( $C_{\text{máx}}$ ) e à precipitação ( $P_1$ ), e um modelo de interceptação – drenagem (modelo de Rutter *et al.*, 1972). O modelo de interceptação – drenagem forneceu resultados insatisfatórios e o modelo exponencial modificado forneceu resultados adequados além de que a proporção de chuva momentânea através da cobertura poderia ser estimada. Os resultados do estudo mostram que para espécies de eucalipto, a capacidade de armazenamento da copa, quando expressa por unidade de área foliar, é similar a de outras espécie florestais. O índice de área foliar do eucalipto é tipicamente menor do que o de outras espécies florestais e espera-se, portanto que a perda total por interceptação do eucalipto seja menor que a de outras espécies florestais.

Um estudo de interceptação de chuvas foi feito por ROWE (1979) em uma floresta, próxima a Reefton, Nova Zelândia, durante um período de três anos (de 1 de outubro de 1975 a 30 de setembro de 1978). Foram escolhidos dois locais para medir precipitação que atravessa a folhagem e escoamento pelo caule nos quais a vegetação consistia em faia (*Nothofagus fusca*), faia dura (*Nothofagus truncata*), faia silvestre (*Nothofagus menziessii*), kamahi (*Weinmannia racemosa*), miro (*Podocarpus ferrugineus*) e putaputaweta (*Carpodeteus serratus*). A precipitação total foi medida com um pluviógrafo Lambrecht localizado a 200m sudoeste das áreas de interceptação, em uma clareira longa e estreita. Foram utilizados 5 outros medidores

para conferir os registros de chuva. Em cada área foram instaladas 3 calhas plásticas de 10cm de largura e 15m de comprimento, dispostas em paralelo separadas de 3 a 4m, a 45cm acima do solo. A precipitação que atravessa a folhagem coletada era levada para um banco de 5 tambores de 200 litros. A água nestes tambores era continuamente monitorada usando registradores e convertida em lâmina (mm) para a área. O escoamento pelo caule foi coletado por colarinhos de 5mm de largura fixados em talos de kamahi e em todas as outras árvores com diâmetro maior que 2cm. A água coletada era armazenada em latas de 10 e 20 litros. Foram executadas medidas para 40 das 65 árvores dentro das áreas de estudo. Em seis árvores onde o musgo era significativo e o crescimento de líquen capaz de gotejar água fora dos colarinhos, foram instalados pneus de carros fendidos abaixo dos colarinhos. O escoamento pelo caule foi medido para árvores individuais para cada período de chuva, de 3 de agosto de 1976 a 25 de agosto de 1978. A precipitação que atravessa a folhagem foi, no período de medidas, de 4540mm, representando 73% dos 6220mm de precipitação incidente. Variações sazonais foram evidentes, sendo que a precipitação que atravessa a folhagem média, para os meses de verão (outubro a março) e meses de inverno (abril a setembro) foi 68% e 77% das respectivas precipitações incidentes. O escoamento pelo caule atingiu 1,5% da precipitação incidente. A interceptação média foi de 26% para todo o período, sendo 30% no verão e 21% no inverno. A capacidade de armazenamento de interceptação foi estimada para ser da ordem de 2mm. A relação entre precipitação que atravessa a folhagem ( $P_L$ ) e precipitação incidente ( $P_I$ ) foi expressa pelas equações de regressão linear:  $P_L = - (1,51 \pm 0,68) + (0,75 \pm 0,02) P_I$  para o verão, e  $P_L = - (1,51 \pm 0,72) + (0,78 \pm 0,02) P_I$  para o inverno.

CASTRO (1983) realizou um experimento de interceptação da água da chuva por mata natural secundária durante o período de 22 de janeiro a 22 de dezembro de 1981. O trabalho foi conduzido em uma área denominada Mata Paraíso, pertencente à bacia hidrográfica do Rio Doce, no município de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. Os resultados mostraram que o escoamento pelo tronco (EC) é uma função linear da precipitação incidente ( $P_I$ ) ( $EC_{mm} = - 0,0260 + 0,0032 P_I$ ); que os valores absolutos da precipitação interna ( $P_{L\ mm} = - 1,3820 + 0,9211 P_I$ ) e perdas por interceptação ( $P_{Pmm} = 1,4151 + 0,0759 P_I$  e  $I\% = 74,2188 - 17,0525 \ln P_I$ ) aumentam proporcionalmente com o aumento da precipitação incidente ( $P_I$ ). O valor da precipitação total foi de 822,9mm, a precipitação interna representou 87,4% do total precipitado, o escoamento pelo tronco foi de 0,2% e as perdas por interceptação alcançaram 12,4%.

ROWE (1983) pesquisou a interceptação de chuva em um dossel ( $320\text{m}^2$ ) de floresta de faia em Donald Creek, Nelson, Nova Zelândia. A chuva total foi medida por um pluviógrafo de Lambrecht instalado em uma clareira, a 50m do local de estudo. Um pluviômetro de leitura manual, de 125mm de diâmetro, instalado no mesmo local, foi usado para conferir a confiabilidade dos registros automáticos. A precipitação que atravessa a folhagem foi coletada por 6 calhas plásticas de 10cm de largura e 15,2m de comprimento, em intervalos de 3m, a 50cm acima do solo. A precipitação que atravessa a folhagem coletada foi conduzida a um banco de 6 recipientes de 200 litros inter – conectados, um dos quais foi equipado com um registrador de nível de água, permitindo uma resolução de precipitação que atravessa a folhagem de aproximadamente 0,15mm. O escoamento pelo caule não foi mensurado, porém foi considerado equivalente a 2% da precipitação incidente. Para o período compreendendo os anos de 1977 a 1981, a precipitação média anual foi de 1490mm dos quais, em valores médios, 69% (1035mm) correspondeu à precipitação que atravessa a folhagem, 29% (430mm) à perda por interceptação, e o escoamento pelo caule atingiu 30mm. Diferenças sazonais em perda por interceptação foram significantes uma vez que, aumentou de 22% no inverno para 35% no verão, sendo resultado da variação sazonal da taxa de evaporação de um dossel molhado. A capacidade de armazenamento de interceptação foi calculada como sendo a diferença entre a precipitação incidente e a precipitação que atravessa a folhagem. Dos 50 eventos de chuva entre 2 e 4mm, a capacidade de armazenamento da interceptação foi de 1,77mm (valor considerado superestimado). Foram comparados quatro modelos de simulação de perda por interceptação: regressão linear de chuva, regressão linear mensal, curva de seno e modelo analítico de Gash. Para precipitações de 5,0mm ou mais foram obtidas as seguintes relações lineares entre perda por interceptação ( $P_P$ ) e precipitação incidente ( $P_I$ ), para chuvas de verão e de inverno respectivamente:  $P_P = 1,56 + 0,18 P_I$  ( $r = 0,894$ ) e  $P_P = 1,68 + 0,23 P_I$  ( $r = 0,935$ ). As análises de regressão mensal resultaram nas seguintes equações no verão e no inverno respectivamente:  $P_P = 7,9 + 0,20 P_I$  ( $r = 0,840$ ) e  $P_P = 4,9 + 0,28 P_I$  ( $r = 0,973$ ). Os modelos analisados forneceram estimativas satisfatórias (menos de 10% de erro) e tenderam a subestimar ligeiramente a medida de perda por interceptação.

VALCARCEL (1985) analisou dados de vários estudos na região dos Andes Venezuelanos objetivando estudar a distribuição da água em uma floresta classificada como “Bosque Pluvial Montano Bajo Tropical”. Para um período de um ano, foram analisados 21 eventos de chuvas maiores que 5mm. A precipitação no interior da floresta foi medida por meio

de 30 pluviômetros distribuídos em três linhas distantes 5m entre si. O escoamento pelo tronco foi mensurado a partir da água coletada em canaletas de borracha instaladas em árvores com largura superior a 10 cm em 4 parcelas de 100m<sup>2</sup>. Calculou-se a interceptação pela diferença entre a chuva em campo aberto e a precipitação no interior da floresta. Registrou-se o escoamento superficial em 6 sub parcelas de 10m<sup>2</sup>. Para determinar a capacidade de infiltração do solo, foram utilizados infiltrômetros de cilindro. Tensiômetros alocados em três profundidades diferentes forneceram observações da drenagem interna no perfil do solo, para estimativa do conteúdo de água. Para o cálculo da evaporação dentro da floresta foi usada uma balança de registro semanal contínuo e, em campo aberto, fez-se uso das equações de Thornwaite, Turc e em função da radiação líquida. A água no solo foi estimada indiretamente pela diferença entre a que chegou no solo mineral e a absorvida pela floresta. No período de estudo, 19% da precipitação total anual foi interceptada, 0,7% escorreu pelo tronco, e 80% precipitou sobre o solo da floresta sendo 37% referente à infiltração e 0,95% ao escoamento superficial.

Com o objetivo de comparar resultados para uma floresta de carvalho na Holanda, DOLMAN (1987) fez uso de um modelo analítico (Gash, 1979) e de um modelo numérico de simulação de interceptação de chuvas (Mulder, 1985). O local apresenta densidade de 3000 árvores por hectare e 9,6m de altura média das árvores. Foram efetuadas, a cada 15 minutos, medidas de radiação solar, velocidade do vento, temperatura e umidade relativa do ar e precipitação acima da cobertura vegetal. Para medir a precipitação que atravessa a folhagem foram instaladas, ao acaso, calhas de 8m de comprimento calibradas por um sistema de 30 medidores, lidos semanalmente. O escoamento pelo caule foi medido em 03 grupos de 05 árvores, a cada 15 minutos. O escoamento pelo caule foi desprezado durante períodos folhados e, nos períodos não folhados, equivale em média a 5% da precipitação incidente. O modelo de Gash (1979) necessita de valores diários de precipitação incidente, taxa de evaporação média, taxa de precipitação média, coeficiente de precipitação que atravessa a folhagem livre e capacidade de armazenamento da vegetação. Para o modelo de Mulder (1985) são necessários valores diários da precipitação incidente, número de tempestades, duração das chuvas, valores diários de radiação, temperatura, déficit de pressão de vapor, velocidade do vento, capacidade de armazenamento da vegetação, coeficiente de precipitação que atravessa a folhagem livre, coeficiente de rugosidade da cobertura vegetal. Para o cálculo da taxa média de evaporação foram usados dados do verão de 1983 e do inverno de 1983/1984. Uma regressão linear de perda por interceptação relacionada à

precipitação incidente para dias individuais com precipitação acima da saturação da capacidade de armazenamento forneceu os seguintes resultados para o verão de 1983:

$P_p = 0,225 (\pm 0,022) P_i + 0,77 (\pm 0,25)$  ( $r^2 = 0,70$ ,  $n = 44$ ). A equação correspondente para o inverno de 1983/1984 é:  $P_p = 0,095 (\pm 0,017) P_i + 0,42 (\pm 0,19)$  ( $r^2 = 0,73$ ,  $n = 44$ ). As intensidades médias de chuva para o verão e inverno foram, respectivamente, 1,44 e 1,20mm/h, resultando em taxas de evaporação de 0,32 e 0,11mm/h. As estimativas do coeficiente de precipitação que atravessa a folhagem livre foram deduzidas de fotografias do dossel dos anos de 1982 e 1985. Não foram considerados os períodos quando as folhas surgem ou caem, pois os dados meteorológicos foram incertos, assim como os períodos quando a cobertura vegetal foi fulminada por uma praga de *Tortrix viridana*. A diferença média em porcentagem entre as perdas observadas e as previstas, para períodos de 04 semanas são, -6 e -2% para o modelo de Mulder e, 6 e 4% para o modelo de Gash, para as condições de verão e inverno respectivamente. O índice de área foliar era 4,2 em 1982 e após dois anos do ataque das lagartas (1985), foi reduzido a 2,0.

LLOYD e MARQUES F<sup>O</sup> (1988) analisaram a variabilidade da precipitação que atravessa a folhagem e do escoamento pelo caule na floresta tropical Amazônica, Brasil. Foram usados testes estatísticos para avaliar o tamanho mínimo da amostra e o número de medidores necessários. O remanejamento ao acaso dos medidores de precipitação que atravessa a folhagem mostrou-se ser melhor que o uso de medidores posições fixas bem como é melhor, recolocar ao acaso os medidores na linha. O local de estudo foi a Reserva Ducke localizada em Manaus, Amazônia, Brasil, selecionado como sendo representativo da vegetação natural e da topografia regional. A chuva total foi medida por 3 pluviógrafos de 203mm de diâmetro. Um destes medidores foi instalado no topo de uma torre de 45m de altura, associada a um pluviógrafo localizado no chão. Os outros dois medidores (0,5 e 0,25mm) foram posicionados a 100m da torre, em uma pequena plataforma erguida no topo de uma árvore, a 25m de altura. Para cada hora, o valor da precipitação incidente foi tomado como a média aritmética de todos os medidores. A precipitação que atravessa a folhagem foi medida em uma parcela de 100m x 4m, em 5 linhas, totalizando 505 pontos de amostragem, utilizando 36 medidores cada uma com um funil de cobre de 127mm de diâmetro. Cada coletor foi remanejado ao acaso, dentro da parcela, toda semana (exceto para 4 períodos de 2 semanas), durante o período de 5 de julho de 1984 a 21 de agosto de 1985. Para o período de 14 de março de 1985 a 13 de maio de 1985, os medidores foram recolocados depois de cada chuva. O escoamento pelo caule foi medido em 19 árvores adjacentes dentro da árvore, usando colarinhos feitos de material flexível sendo que, para 6

árvores foram usados pluviógrafos de 0,5mm, com tempo de integração de 30 minutos, e para os demais foram utilizados recipientes de 20 litros. O período de coleta de dados de escoamento pelo caule foi de 20 de agosto de 1984 a 21 de agosto de 1985. A chuva total durante o período de estudo foi de 2721mm; a precipitação que atravessa a folhagem total (média aritmética de todas as medidas de precipitação que atravessa a folhagem) foi de 2480mm (91% da precipitação total), e o escoamento pelo caule representou 1,8% da precipitação total.

POELS (1989) mediu chuva e descarga durante 4 anos e 9 meses em uma bacia floresta (floresta tropical mesófila) de 295 hectares, no Suriname. Os níveis do lençol freático foram medidos por 2 anos. Os dados hidrológicos foram usados em um modelo de simulação de crescimento de plantas. Foram feitas estimativas da profundidade efetiva da raiz, redução da transpiração na estação seca, e a contribuição da interceptação para o uso total de água. A chuva foi medida por 2 medidores de precipitação: um registrador automático de chuva para períodos de 30 minutos e um pluviógrafo operado manualmente para os totais diários. A evaporação foi medida por um tanque classe A. A perda por interceptação foi definida como sendo a diferença no uso de água entre um dossel seco e um molhado, sujeitos as mesmas condições. Foi suposto que a transpiração era independente da interceptação. A distribuição de uso total de água durante o período de estudo, incluindo estações molhadas e secas, acima dos totais diários, foi calculada com o modelo de simulação WOFOST (van Keulen & Wolf, 1986). A chuva anual média medida foi de 2143mm; a descarga foi de 514mm e a máxima perda por interceptação por dia de chuva foi de 1,1mm/d. A simulação mostrou que as perdas por interceptação conduzem a um aumento do uso de água em estações chuvosas, mas em estações secas, o uso total de água foi ainda mais alto que na estação úmida. O uso de água adicional causado pela interceptação foi estimado em 230mm por ano para um uso total de água de 1640mm ao ano.

VENEKLAAS e VAN EK (1990) estudaram a interceptação de chuvas em duas florestas tropicais montanhosas dos Andes Colombianos, em altitudes de 2550 a 3370m, durante um ano. Foi dada especial atenção às possíveis conseqüências de vegetação abundante na capacidade de armazenamento. As áreas de estudo a 2550m (área A) e a 3370m (área B) de altitude tinham, respectivamente, 20 e 24 hectares, e as famílias vegetais dominantes eram Guttiferae, Cunoniaceae, Brunelliaceae e Melastomataceae na primeira área, e Cunoniaceae e Melastomataceae na segunda. A precipitação incidente e a precipitação que atravessa a folhagem foram determinadas em intervalos semanais entre 20 de agosto de 1986 e 19 de agosto de 1987.

A precipitação incidente foi medida por um pluviógrafo Lambrecht com superfície de 200cm<sup>2</sup>, localizado no centro de clareiras adjacentes aos locais de estudo. A precipitação que atravessa a folhagem foi coletada por funis plásticos de 195mm de diâmetro instalados a 1m de altura, conectados a garrafas plásticas de 1galão de volume por meio de tubos de polietileno. Os volumes de precipitação (ml) medidos com os funis eram convertidos em lâmina de água (mm) dividindo por 30,9. Os medidores de precipitação que atravessa a folhagem foram instalados em 20 posições fixas escolhidas ao acaso. Medidas adicionais na área B foram executadas entre novembro de 1987 e junho de 1988, comparando duas áreas (10m x 10m) com gêneros de árvores diferentes: um com árvores de *Weinmannia ssp.* E outra com *Axinaea sp.* Cada parcela foi provida com 10 medidores (funis plásticos) e o escoamento pelo caule foi medido durante o mesmo período, usando colares plásticos (com largura de aproximadamente 1cm), em 6 árvores de *Weinmannia ssp.* e 5 de *Axinaea sp.* Durante o período de maio a junho de 1988 tentou-se obter registros contínuos de precipitação que atravessa a folhagem abaixo de 2 árvores individuais de *Weinmannia ssp.* e de *Axinaea sp.* Para tal foram instalados, em baixo de cada árvore, 10 funis conectados a um pluviógrafo usando tubos de polietileno. Foi instalado na área B, um dispositivo para coletar precipitação proveniente de neblina (fog). A interceptação foi calculada pela diferença entre a precipitação incidente e a precipitação que atravessa a folhagem, desprezando o escoamento pelo caule. No período de estudo, a perda por interceptação alcançou 12.4% (262mm) dos 2115mm de precipitação incidente na área A, e 18.3% (265mm) dos 1453mm de precipitação incidente na área B. O fato da quantia absoluta de interceptação na área B não ser mais baixa que na área A, apesar da mais baixa precipitação anual e da menor taxa de evaporação, foi atribuído às diferenças na distribuição de precipitação e capacidades de armazenamento da cobertura. As respostas diferentes dos dois gêneros de árvores (caracterizadas pela distinta cobertura vegetal) e a mais baixa interceptação depois de prolongados períodos úmidos sustentam a idéia que a vegetação representa um significativo papel no processo de interceptação. Os autores afirmam que uma descrição mais realista destes ecossistemas requer uma adaptação dos modelos de interceptação existentes. O estudo não encontrou evidências de que a precipitação de neblina (fog) fosse significativa como uma entrada hidrológica extra.

JOHNSON (1990) estudou a perda por interceptação em uma floresta de pinheiros Sitka de 50 anos em Balquhidder, Escócia durante o período de outubro de 1983 a junho de 1986. Foram executadas medidas de precipitação incidente, precipitação que atravessa a folhagem e escoamento pelo caule. Foram instalados 03 reservatórios para armazenagem da precipitação: 01

pluviômetro no nível do solo, 01 pluviômetro padrão e 01 depósito de neve a 1,6m de elevação. Foram posicionados ao acaso, em uma área de 0,09ha, 60 coletores fixos com 26cm de profundidade e 29cm de diâmetro para armazenar a precipitação que atravessa a folhagem sendo que as medidas eram volumétricas para água e por pesagem para neve. Para medida do escoamento pelo caule foi selecionada uma amostra representativa da distribuição dos diâmetros de troncos da parcela contendo 09 árvores (eram 87 ao total). Em cada árvore foi instalado um colar de neoprene conectado a uma caixa plástica com capacidade para 200l. A densidade de vegetação acima de cada coletor de precipitação que atravessa a folhagem foi estimada fotograficamente. Foram executadas 54 leituras para uma precipitação total no período de 5791mm sendo que, 69% desse valor alcançou o solo da floresta como precipitação que atravessa a folhagem, 3% como escoamento pelo caule e 28% interceptado e evaporado. A quantidade de água interceptada foi determinada pela diferença entre a precipitação medida e a quantia total que atinge o solo como precipitação que atravessa a folhagem e escoamento pelo caule. Apesar das grandes variações ocorridas durante o ano, a interceptação foi maior nos meses de verão, alcançando 79% em maio de 1985, e menor no inverno, mínimo de 0% em janeiro de 1985. A interceptação de neve foi 37% em janeiro de 1984 quando a capacidade de armazenamento foi estimada para ter alcançado o equivalente a 22mm de água. A variabilidade espacial da precipitação que atravessa a folhagem mostrou-se dependente da distância a partir do pedúnculo da árvore e da densidade do dossel de cobertura e, comparando com medidas de precipitação que atravessa a folhagem e escoamento pelo caule de outros locais, concluiu-se que há um aumento na precipitação que atravessa a folhagem conforme aumenta a idade das árvores.

SCATENA (1990) analisou as perdas por interceptação em duas bacias florestadas localizadas na Floresta Experimental Luquillo, Porto Rico, durante o período de um ano (de 01 de outubro de 1987 a 01 de outubro de 1988). Foi monitorado precipitação, precipitação que atravessa a folhagem, escoamento pelo caule e estrutura do dossel. O total interceptado pelas bacias foi modelado pela pesagem dos valores de precipitação que atravessa a folhagem, medidos em áreas representativas de diferentes tipos de vegetação pela área total da bacia daquele grupo de vegetação. Para medir a precipitação total foram usados três dispositivos diferentes: um funil plástico coletor projetado sobre o dossel e conectado a uma garrafa para armazenagem instalada no nível do chão; um pluviógrafo alocado em uma clareira adjacente às bacias; e durante os últimos 08 meses de estudo, por um pluviógrafo localizado em uma torre de observação de 25m de altura. Para medir a precipitação que atravessa a folhagem foram utilizados funis de 18cm de

diâmetro encaixados e selados em jarros plásticos. Os coletores foram colocados em linhas selecionadas ao acaso e dentro de cada direção individual, as garrafas foram uniformemente espaçadas a distância de 5 ou 10 metros. Garrafas adicionais foram instaladas para atender casos especiais: camadas de ervas em clareira adjacente às bacias, espécies não representativas nas direções escolhidas e em aberturas que se desenvolveram durante o período de medida. Durante o período de um ano, 22 coletores foram monitorados e usados para calcular os totais mensais e anuais. O escoamento pelo caule foi coletado a partir de colarinhos plásticos com 30cm de altura, sendo que cada coletor era provido de uma saída de drenagem de plástico e lacrado com cola de silicone. Nas bacias Bisley o escoamento pelo caule foi medido em caules individuais de árvores das espécies *Dacryodes excelsa* e *Sloanea berteriana* e, para outras espécies, foi tomado a partir de estudos prévios nas Montanhas Luquillo. O caráter botânico e estrutural do dossel foi determinado em um metro quadrado de coluna sobre cada coletor após seis meses e um ano de medidas. Os atributos do dossel incluíram o percentual de área aberta, número e tipo de estratos vegetais, número de galhos que cruzam 1m<sup>2</sup> acima da garrafa, densidade de talo e posição na paisagem. Foram comparados volumes medidos de precipitação que atravessa a folhagem, com as características do dossel usando regressão múltipla, análise de agrupamento e bom senso. A partir destas comparações foi desenvolvido um sistema de classificação da precipitação que atravessa a folhagem de cobertura. Para determinar a extensão aérea dos diferentes tipos de cobertura, o sistema de classificação de precipitação que atravessa a folhagem foi aplicado a nós de uma malha de 40m x 40m. Foram avaliados 98 pontos da malha. As áreas de aberturas de canal de fluxo e recentes aberturas foram medidas diretamente com trena e compasso. A quantia total do potencial de água armazenado em superfícies das folhas foi determinada para nove espécies principais de árvores e vegetação local. Para determinar o armazenamento de água por unidade de área foliar, foram pesadas 10 folhas frescas de cada espécie, secas e repesadas depois de ter submergido em água. A área foliar foi medida com equipamento Licor. O armazenamento total do dossel foi calculado a partir do produto do armazenamento por unidade de área e o índice de área foliar. A precipitação total durante o período de estudo foi de 5745mm dos quais 59% equivaleram à precipitação que atravessa a folhagem e 2,3% ao escoamento pelo caule. O autor concluiu que o processo efetivo que influencia a precipitação que atravessa a folhagem varia com a escala de observação. Na escala de folhas individuais, o armazenamento da interceptação é influenciado pela morfologia da vegetação, balanço de evaporação, superfície de tensão, forças gravitacionais e mecânicas. Dentro da floresta variações resultam das mudanças na estrutura do dossel e das variações temporais da energia mecânica. Na escala regional, diferenças na

precipitação que atravessa a folhagem podem resultar das variações na magnitude e frequência das chuvas do que inerentes diferenças entre comunidades florestais.

NÁVAR e BRYAN (1990) estudaram a perda por interceptação e redistribuição de chuva em arbustos de *Diospyrus texana*, *Acacia farnesiana* e *Prosopis laevigata* em uma comunidade vegetal semi-árida em Nuevo Leon, nordeste do México, durante o verão de 1987. Foram selecionados 21 arbustos representativos da área de estudo que foram monitorados sob condições de chuva natural para avaliar a capacidade de interceptação e os padrões de distribuição da água de chuva no solo. A precipitação que atravessa a folhagem foi medida por um conjunto de 6 recipientes (15cm de diâmetro, 20cm de altura e capacidade para 3,5 litros) fixos, instalados debaixo da vegetação de cada arbusto, a 10cm acima do chão. Dois recipientes eram fixos na periferia da coroa, dois próximos ao talo e dois no ponto médio entre a periferia e o centro. A água escoada pelos caules era coletada por colarinhos de mangueira de jardim (24cm de diâmetro) presas com cola de silicone que desembocavam em caixas coletoras com 3,5, 6,5 e 21 litros de capacidade. A precipitação total foi medida por pluviômetros padrões dispostos em duas estações climatológicas localizadas a 1,5 e 0,8km fora da área de pesquisa. Também foram fixados em clareiras próximas à área, três tambores com capacidade de armazenar 150mm de chuva. Foram realizadas medidas diurnas da precipitação que atravessa a folhagem e do escoamento pelo caule sob condições de precipitação natural e, sob chuva simulada; o escoamento pelo caule foi medido a cada 5 minutos, por uma hora, com intensidade de chuva de 40mm/h. Durante o período de análise, foram registrados 230mm de chuva, ocorridos a partir de 17 eventos. A precipitação líquida média foi de 167,6mm dos quais 160,5mm representam a precipitação que atravessa a folhagem e 7,1mm o escoamento pelo caule. Foi desenvolvida uma equação de regressão para perda por interceptação ( $P_P$ ) em relação à precipitação total ( $P_T$ ) ( $P_P = 0,620 + 0,220P_T$ ,  $r^2 = 0,75$ ) sendo que os valores de perda por interceptação variaram de 0,9 a 8,0mm ou, 21,7% a 62,1% da precipitação total. A perda por interceptação total para o período estudado atingiu 27,2% da precipitação total.

HUTJES *et al.* (1990) compararam estimativas de campo de precipitação líquida em uma floresta primária sempre verde localizada na Bacia de Audrenisrou, Parque Nacional Tai, Costa do Marfim, África, com estimativas fornecidas por dois modelos: modelo de Gash (1979) que assume que toda chuva de um dia seja proveniente de um único evento de precipitação, e o modelo de Mulder (1985) que utiliza uma distribuição de chuva mais realista, uniformizada.

Observações das condições do tempo, precipitação total e líquida foram obtidas de 4 de agosto a 20 de dezembro de 1987. Foram coletados dados meteorológicos em uma clareira de cerca de 2 hectares onde foi instalada uma estação meteorológica padrão. Um jogo de termômetros calibrados fornecia, diariamente, as temperaturas máxima e mínima dentro de 0,1°C as quais foram usadas para calibrar um termohidrógrafo. Radiação de ondas curtas que entram foram deduzidas a partir de dados do sensor Campbell-Stokes. A velocidade do vento foi registrada por um anemômetro de Lambrecht. Um pluviógrafo (0,5mm de resolução) forneceu informações sobre o número e duração dos eventos de chuva e um pluviômetro padrão (400cm<sup>2</sup> de área, a 2m acima do solo), o total diário de precipitação que foi corrigido para evaporação do pluviômetro usando uma equação de regressão empírica de evaporação do pluviômetro sobre número de horas de sol. Precipitação que atravessa a folhagem foi registrada primeiramente por 34 pluviômetros fixas posicionadas ao longo de 2 direções, lidas diariamente. Depois, foram usados 47 pluviômetros que foram rearranjados (quatro vezes) após cada 5 dias de chuva. Escoamento pelo caule foi estimado por medidas diárias da água capturada por colares de borrachas presos em caules de 7 árvores diferentes instalados a uma altura que variava de 70 a 1210cm. Durante o período de análise o total precipitado foi de 1021,9mm distribuídos em mais de 128 eventos de chuva, em 77 dias. Precipitação que atravessa a folhagem observada totalizou 927,9mm (90,5% da precipitação incidente) enquanto o escoamento pelo caule foi de 3,4mm ( $\pm$  5,4mm). Como a quantidade de árvores usada para análise do escoamento pelo caule mostrou-se pequena, o escoamento pelo caule não foi incorporado aos modelos. A perda por interceptação foi calculada como sendo a diferença entre precipitação incidente e precipitação que atravessa a folhagem mais escoamento pelo caule, e atingiu 7,8% (94mm) da precipitação incidente. Ambos os modelos resultaram em simulações dentro da gama de erro das estimativas de campo. Erros nas predições do modelo são considerados para resultados a partir de erros nos parâmetros estimados, e para o modelo de Gash, a partir da suposição que a chuva diária provém de um só evento de precipitação. Os autores sugerem um modelo combinando as vantagens de ambos que poderiam ser satisfatórias para aplicação rotineira nos trópicos úmidos.

Com o intuito de investigar o efeito do espaçamento entre árvores de pinheiro Sitka (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr) na perda de chuva por interceptação, TEKLEHAIMANOT *et al.* (1991) montaram um experimento em Cloich, Edinburg, Escócia. A cultura foi plantada em 1970 e os espaçamentos estudados foram 2, 4, 6 e 8 metros. Foram executadas medidas de precipitação que atravessa a folhagem, escoamento pelo caule e perda por interceptação usando o tradicional

método do balanço de volume para testar duas hipóteses: (1) com o aumento do espaçamento entre árvores a perda por interceptação diminui; (2) o espaçamento tem um efeito direto na condutância da camada limite de árvores e desta forma influencia a taxa de evaporação de água interceptada pelo dossel em um local agroflorestando. Em 1987 foi feito um estudo piloto para avaliar a eficiência dos instrumentos e comprovar a escolha das técnicas requeridas para medidas precisas de precipitação incidente, precipitação que atravessa a folhagem e escoamento pelo caule. Em 1988 a altura média das árvores era 10m e a densidade de árvores era 156 árvores/ha, 277 árvores/ha, 625 árvores/ha e 3000 árvores/ha nos espaçamentos de 8, 6, 4 e 2m respectivamente. O local de 2,4ha foi dividido em parcelas de 0,8ha para 3 tratamentos de espaçamento. As medidas tiveram início em maio de 1988 e terminaram em outubro de 1988, totalizando 17 semanas. A precipitação incidente foi medida em uma clareira por 2 pluviômetros padrões com 127mm de diâmetro, 1 pluviógrafo de cubas basculantes de 0,25mm e 1 pluviógrafo de cubas basculantes de 0,20mm. Para medida de precipitação que atravessa a folhagem foram utilizados dois métodos de amostragem: por ponto de amostragem para medir a variabilidade espacial da precipitação que atravessa a folhagem e obter valores médios de precipitação que atravessa a folhagem para longos períodos de tempo, e por área de amostragem para integrar a variabilidade da precipitação que atravessa a folhagem acima de uma grande área e também para obter valores de precipitação que atravessa a folhagem em intervalos de tempo curto, correspondentes à duração de eventos de chuva, para derivação da condutância da camada limite. Para amostragem por ponto, foram usadas 3 parcelas de amostra para cada tratamento de espaçamento sendo que os medidores eram registrados semanalmente e reposicionados a cada três semanas. Para amostragem por área foram instaladas, em cada tratamento de espaçamento, 02 superfícies plásticas coletoras cada qual abrangendo 04 árvores, cujo escoamento era canalizado para uma calha de ferro galvanizado que alimentava um sistema de cubas basculantes de 1dm<sup>3</sup> e os dados eram registrados em intervalos de 10 minutos em uma estação de armazenamento de dados. O escoamento pelo caule foi coletado usando colares flexíveis de centelha, de material auto - adesivo. Para cada parcela de tratamento foram selecionadas 6 árvores levando em conta a classe de tamanho das árvores. Os dados de uma das seis árvores foram registrados usando um sistema de cubas basculantes ligado a uma estação de armazenamento de dados, enquanto que as capturas das 05 árvores remanescentes foram coletadas em recipientes plásticos e medidas manualmente toda semana. As variáveis climáticas foram medidas em uma estação meteorológica instalada sobre um gramado em um local próximo. Todos os instrumentos foram situados no centro de cada parcela de tratamento para reduzir o

efeito das extremidades. Os dados foram testados estatisticamente e foram encontradas diferenças significativas na precipitação que atravessa a folhagem média semanal, escoamento pelo caule e perda por interceptação entre os 4 espaçamentos. Para cada espaçamento foram determinadas equações de regressão para precipitação que atravessa a folhagem, escoamento pelo caule e perda por interceptação. No período analisado o total de precipitação incidente foi de 441,78mm e o total interceptado foi 39,45mm. A relação entre perda por interceptação (I) e o número de árvores por hectare (N) é dada pela equação  $I = 8,6 \times 0,026N / (8,6 + 0,026N)$  ( $R^2 = 0,99$ ). A relação entre perda por interceptação por árvore ( $I_T$ ) e o número de árvores por hectare (N) é fornecida pela equação exponencial  $I_T = 0,152 \exp(-0,0006074N)$  ( $R^2 = 0,99$ ). Os resultados obtidos mostraram que, em média, a perda por interceptação anual como porcentagem da precipitação incidente foi 33, 24, 15 e 9% nos tratamentos de espaçamento de 2, 4, 6 e 8m respectivamente. Uma estimativa da condutância da camada limite média foi feita comparando perda por interceptação com taxa de evaporação e invertendo uma forma truncada da equação de Penman. A condutância da camada limite por árvore aumentou de  $0,58\text{m}^3/\text{s}$  no espaçamento de 2m para  $4,24\text{m}^3/\text{s}$  no espaçamento de 8m, considerando que a condutância da camada limite por unidade de área declinou de 0,17 para  $0,07\text{ m}^3/\text{s}$ . A diferença na perda por interceptação entre os tratamentos de espaçamento foi atribuída à diferença na condutância da camada limite.

GIACOMIN e TRUCCHI (1992) realizaram medidas de precipitação, precipitação que atravessa a folhagem e escoamento pelo caule durante 12 anos (1978 – 1989), para determinação da interceptação de chuvas em uma parcela experimental (100m x 18m) compreendendo um bosque de faia (*fagus silvatica L.*), situado na floresta de Acquerino próxima a Florence, Itália. Durante o período de medidas, as quais foram realizadas apenas nos meses de primavera e verão para evitar problemas relativos à queda brusca de neve, foram registrados 340 eventos de chuva por meio de 1 medidor de nível com  $10\text{dm}^2$  de diâmetro externo localizado sobre a cobertura. Para medir a precipitação que atravessa a folhagem foram instalados 20 coletores de  $1\text{dm}^2$  de diâmetro ligados a 1 medidor, 70cm acima do nível do solo. Assumiu-se que a quantidade de chuva medida a partir dos coletores de precipitação que atravessa a folhagem é duas vezes a precipitação incidente. Para quantificar o escoamento pelo caule foi selecionada uma amostra de 30 árvores representativa da floresta, de acordo com a distribuição de diâmetros e nelas foram instaladas golas de neoprene a 130cm acima do solo associadas a medidores de nível. As medidas foram divididas em dois períodos, de acordo com o índice de área foliar (IAF): período não coberto (IAF de 0 a 80% do máximo) e período coberto (IAF > 80%), a fim de avaliar a

influência da cobertura vegetal no processo de interceptação. Os eventos de chuva foram divididos em classes de acordo com a lâmina precipitada. Para cada evento de chuva a interceptação foi obtida pela diferença entre a precipitação e a soma da precipitação que atravessa a folhagem e escoamento pelo caule. Os resultados mostram que a interceptação é mais alta no período coberto, e diminui quando passa de uma classe inferior para uma superior. Do ponto de vista analítico, a interceptação depende da soma de dois parâmetros, a capacidade de armazenamento ( $c$ ) e a porcentagem de água evaporada ( $\alpha$ ) durante a precipitação ( $I = c + \alpha P$ ). Foram determinadas equações de regressão de interceptação *versus* precipitação incidente para os períodos coberto ( $I = 1,07 + 0,13P_i$ ) e não coberto ( $I = 0,97 + 0,13P_i$ ).

LOUSTAU *et al.* (1992a) determinaram modelos de variabilidade de precipitação que atravessa a folhagem e escoamento pelo caule para uma área (50m x 50m) de pinheiros marítimos (*Pinus pinaster* Ait.) da floresta de Bray, Bordeaux, França, durante dois anos consecutivos. A altura média das árvores era 12,6m, com densidade de 800 árvores por hectare e índice de área foliar estimado em 3,0. Foi considerado que a precipitação incidente era normalmente distribuída sobre o local e sua estimativa se deu a partir da média aritmética dos valores de 12 tubos afunilados instalados em trilhos de 15m de largura que margeavam a área. As medidas de precipitação que atravessa a folhagem eram realizadas depois de cada evento de chuva ou a cada duas semanas desde a metade de junho de 1987 até abril de 1989, fazendo uso de 52 funis de borracha com 30cm de diâmetro colocados dentro de recipientes de polietileno, instalados a 80cm acima do solo. Para analisar a variabilidade espacial, os coletores de precipitação que atravessa a folhagem foram divididos em 04 zonas contendo 12 tubos cada, locados ao acaso em posições fixas, exceto para fileira extrato onde foram instalados 16 medidores. O escoamento pelo caule era medido simultaneamente com a precipitação que atravessa a folhagem por meio de mangueiras de borracha de 3cm de diâmetro e 1,50m de comprimento presas nos troncos de 12 árvores e acopladas a um recipiente plástico de 80 litros. Para cada evento de chuva a interceptação foi estimada pela diferença entre a precipitação incidente e a soma de precipitação que atravessa a folhagem e escoamento pelo caule. O total precipitado durante o período de análise foi de 1976mm correspondendo a 33 eventos de chuva. O total interceptado foi de 78,25mm e a interceptação média por chuva foi de 2,44mm. O experimento demonstrou que a distribuição espacial da precipitação que atravessa a folhagem abaixo de um dossel de pinheiro marítimo foi instável para distribuição espacial dos talos. Os autores recomendam investigações adicionais para descrever a variabilidade da precipitação que atravessa a folhagem com mais

resolução e para testar as hipóteses de distribuição uniforme consideradas. O escoamento pelo caule foi altamente variável e não foi relativo às dimensões das árvores. A baixa taxa de interceptação resultou em erros relativamente grandes ( $\pm 2\%$  em média) na interceptação estimada para cada evento de chuva. Concluiu-se que a amostragem de erro da precipitação que atravessa a folhagem foi o principal componente de erro na estimativa da interceptação.

LOUSTAU *et al.* (1992b) determinaram interceptação, precipitação que atravessa a folhagem e escoamento pelo caule para um local de pinus marítimos de 18 anos de idade, na Floresta de Bray, sudoeste de Bordeaux, França, durante um período de 30 meses (1987 a 1989). A chuva total foi estimada pela média aritmética de 12 funis similares locados em trilhos de 15m de largura margeando o local, em um terreno próximo. Foi colocada 1 cuba basculante no centro da área, a uma altura de 16m que registrava continuamente a chuva. Esses dados eram usados para computação de parâmetros climáticos. Uma estação climática completamente automatizada, instalada a 2m acima do local, fornecia dados de velocidade do vento, temperatura, umidade do ar e total de irradiação desde fevereiro de 1988. Precipitação que atravessa a folhagem foi estimada a partir de uma rede de 52 medidores fixos e o escoamento pelo caule, de 12 medidores como descrito em LOUSTAU *et al.* (1992a). Foi utilizado o modelo analítico de Gash (1979) para analisar a sensibilidade da interceptação quanto à estrutura da cobertura vegetal e parâmetros climáticos. O modelo de Gash classifica os eventos chuvosos de acordo com a quantidade de chuva total ( $P_g$ ) e calcula a perda por interceptação, precipitação que atravessa a folhagem e escoamento pelo caule a partir de parâmetros da estrutura do dossel, chuva média, taxa de evaporação e taxa de precipitação. Os parâmetros de estrutura do dossel são representados pelo coeficiente de precipitação que atravessa a folhagem livre, capacidade de armazenamento do dossel, coeficiente de divisão de escoamento pelo caule e capacidade de armazenamento do tronco. A estimativa dos parâmetros para o modelo se deu durante as estações de verão e de inverno. Por meio de medidas repetidas de fluxo de seiva, foi assumido um aumento anual de 5% no índice de área foliar (IAF), e variações proporcionais na capacidade de armazenamento do dossel e no coeficiente de precipitação que atravessa a folhagem livre foram aplicadas para 1987 e 1989. Quanto aos parâmetros climáticos, a taxa de chuva média foi computada a partir de gravações de chuva sobre o posto, enquanto que a taxa de evaporação média durante a chuva foi estimada para cada estação a partir da inclinação da regressão de precipitação que atravessa a folhagem *versus* precipitação incidente. Dos componentes da interceptação, os parâmetros críticos do modelo são a quantia necessária para completar a capacidade de armazenamento do

dossel e a quantia necessária para preencher a capacidade de armazenamento do tronco. A perda por interceptação inclui a evaporação a partir do dossel e dos troncos. Para chuvas pequenas (onde a chuva foi insuficiente para saturar o dossel) a evaporação a partir do dossel inclui apenas chuva total, coeficiente de precipitação que atravessa a folhagem livre e coeficiente de divisão de escoamento pelo caule. Chuvas maiores incluem três componentes: evaporação durante a fase molhada evaporação a partir do dossel e evaporação depois de cessada a chuva. Evaporação a partir dos troncos depende do estado da capacidade de armazenamento do tronco. A perda por interceptação total ( $P_P$ ) para cada evento de chuva foi computada a partir da soma de seus componentes. O escoamento pelo caule (EC) foi reduzido a zero quando a precipitação incidente era menor que a quantia necessária para preencher a capacidade de armazenamento do tronco, caso contrário. A precipitação que atravessa a folhagem ( $P_L$ ) foi calculada por:  $P_L = P_g - P_P - EC$ . A interceptação foi estimada a partir da diferença entre a precipitação incidente e a soma de precipitação que atravessa a folhagem e escoamento pelo caule. Durante o período de análise, ocorreram 71 eventos de chuva, correspondendo a um total de 1344,9mm de precipitação. A perda por interceptação cumulativa sazonal correspondeu a 12,6 – 21,0% da quantia de chuva, enquanto que a precipitação que atravessa a folhagem e o escoamento pelo caule corresponderam a 77 – 83% e 1 – 6%, respectivamente. Em uma base sazonal, dados simulados adequaram-se satisfatoriamente aos dados medidos ( $r^2 = 0,75$ ). A divisão de chuva entre interceptação, precipitação que atravessa a folhagem e escoamento pelo caule mostrou-se ser sensível ao regime de chuva. Por exemplo, a relativa importância de chuvas leves para o total de chuva, aos parâmetros climáticos, intensidade de chuva e intensidade de evaporação média durante os eventos de precipitação, e aos parâmetros da estrutura do dossel para o modelo. A baixa taxa de interceptação foi atribuída principalmente ao baixo índice de área foliar do local.

WOLFRAM *et al.* (1992) executaram um experimento na Reserva Florestal Ducke, localizada a 26km de Manaus, Amazônia, Brasil, para quantificar a parcela de água de chuva interceptada pela cobertura florestal amazônica do tipo terra – firme. A interceptação foi calculada usando a equação ( $P_P = P_I - (P_L + EC)$ ) definida por Helvey e Patric (1965) cujos parâmetros são: quantidade de chuva que chega até o topo das árvores ( $P_I$ ), precipitação interna ( $P_L$ ) que representa a água que alcança a superfície do solo diretamente ou por respingos e, escoamento pelo tronco (EC). A precipitação interna foi estimada pela média de 20 pluviômetros de 100cm<sup>2</sup> de superfície de captação, instalados no interior da floresta cujas leituras eram efetuadas semanalmente. A precipitação total foi medida por meio de um pluviógrafo de 200cm<sup>2</sup>

de superfície de captação, localizado a 20m da floresta. O escoamento pelo tronco foi desprezado. O período de medidas foi de 16 de novembro de 1976 a 19 de dezembro de 1977, totalizando 49 observações. Os eventos de chuva foram divididos em classes para as quais foram calculados os valores médios de precipitação interna e de perda por interceptação. No período analisado, a precipitação total foi de 2570,4mm dos quais, 508,9m (19,8%) correspondem a precipitação interceptada e 2061,5mm (80,2%) a precipitação interna. O estudo mostrou que a precipitação interna aumenta com o total de chuva e para o intervalo de 4 a 165mm é válida a equação:  $P_L = 0,79 + 0,80P_1$  ( $r = 0,9898$ ,  $r^2 = 0,9798$ ). A interceptação tende a diminuir com o aumento da lâmina de chuva até determinados valores. Em seguida, há uma tendência em tornar-se constante como demonstra a equação  $I\% = 35,1 P_1^{-0,189}$  ( $r = 0,5052$ ,  $r^2 = 0,2552$ ). O fato de a equação obtida abranger apenas 26% dos dados foi justificado pelos autores como resultado de outros fatores que intervêm no processo, como saturação da floresta, intensidade e ocorrência de ventos durante ou após os eventos de chuva.

KELLIHER *et al.* (1992) estudaram a interceptação de chuvas por árvores e superfície de interceptação em um local com *Pinus radiata* D. Don com 07 anos de idade, durante o período de novembro de 1986 e dezembro de 1987, em Haupapa, Floresta de Kaingapora. A altura média das árvores era de 9m e a densidade do local era de 450 árvores por hectare. As árvores eram amplamente espaçadas e as copas não se sobrepunham. Ao término do ano, a porcentagem de área do chão coberta por copas de árvores era 24% e o índice de área foliar (IAF) era 1,7. Para determinar a área de superfície de interceptação foram selecionadas 6 árvores para serem derrubadas. A área de chão ocupada por cada uma das árvores derrubadas foi calculada por projeção vertical de seu perímetro no nível do solo. Cada árvore foi separada em talo, ramos, e pesada. A conversão de biomassa de campo para área foliar incluiu medidas do conteúdo de água da folha e a área específica da folha, e a relação de área foliar para peso seco. A precipitação foi medida de hora em hora por um pluviógrafo de 0,2mm de resolução, montada no topo de uma árvore do dossel. Durante os períodos chuvosos, precipitação que atravessa a folhagem e escoamento pelo caule foram geralmente medidos diariamente, embora o intervalo de medida tenha se estendido até 3 dias. A precipitação que atravessa a folhagem das árvores de cobertura foi coletada por 3 calhas galvanizadas de 5m de comprimento e 0,2m de largura, posicionadas ao acaso no local. A superfície de interceptação foi cuidadosamente removida de áreas próximas a dois dos coletores de precipitação que atravessa a folhagem das árvores, e foram instalados coletores de precipitação que atravessa a folhagem de superfície de interceptação em aberturas de

1,5m x 2,2m feitas no solo. Posteriormente a superfície de interceptação foi recolocada de forma mais natural possível. O escoamento pelo caule foi coletado em tubos plásticos perfurados fixados em 6 árvores representativas. O volume de escoamento pelo caule foi convertido em densidade de fluxo multiplicando a razão do IAF do local e a área foliar da árvore. A interceptação de chuva pelas árvores de cobertura foi calculada pela diferença entre a precipitação e a soma da precipitação que atravessa a folhagem das árvores de cobertura vivas e o escoamento pelo caule. Foram registradas, de hora em hora, medidas de ondas curtas de radiação, temperatura do ar e temperatura de bulbo úmido, velocidade do vento (medida a 3m acima da floresta) e umidade do dossel. No período de estudo a precipitação total foi de 1154mm registrada em 163 dias durante 336 eventos de chuva. A fração de chuva interceptada pelas árvores de cobertura atingiu 19% da precipitação. O escoamento pelo caule foi relacionado linearmente à chuva, com valores máximos (para chuva de 91,4mm) de 6,3 e 7,6mm para árvores que tinham sido podadas a alturas de 2 – 3m e 3 – 5m, respectivamente. A superfície de interceptação cobriu 60% do solo, com interceptação de 11% em base local. O efeito da interceptação de chuva no balanço de água da floresta foi avaliado usando um modelo biofísico de balanço de água.

LANKREIJER *et al.* (1993) compararam modelos de simulação de interceptação de chuvas (modelo de Gash e modelo de Mulder) em florestas usando observações de uma floresta de coníferas em Le Landes, França, e uma floresta decídua em Ede, Países Baixos. Os modelos diferem no nível de complexidade, porém esta complexidade apresentou ter apenas um efeito secundário nos resultados. O fator mais sensível dos modelos é a taxa de evaporação de água interceptada que é determinada a partir do déficit de pressão de vapor e da resistência aerodinâmica, usando a equação de Penman. Nos modelos a resistência aerodinâmica é aproximada a partir de transporte de impulso o que conduz a uma super estimativa da interceptação. Os autores argumentam que os modelos podem ser melhorados usando uma simples correção para a resistência aerodinâmica. O modelo de Gash usa regressão entre interceptação e precipitação incidente em combinação com algumas relações físicas para descrever o processo de interceptação. O modelo de Mulder considera o número de chuvas por dia, o qual é uma estimativa mais realista da interceptação durante os ciclos de umedecimento e secagem durante o dia. Diferentemente do modelo de Gash que calcula a intensidade média de chuva e a taxa de evaporação média para todo o período de simulação, o modelo de Mulder calcula esses parâmetros para cada condição do dia. Na floresta de Les Landes (20,3m de altura

média das árvores, densidade de 430 árvores por hectare, índice de área foliar igual a 2,3), a precipitação que atravessa a folhagem foi medida em uma parcela de 30m x 30m de *Pinus pinaster* com 22 pluviômetros remanejados a cada duas semanas, e a cada 5 minutos por 16 pluviógrafos posicionados ao acaso e conectados à estação de armazenamento de dados. O escoamento pelo caule foi medido para várias árvores e como se apresentou pequeno, não foi considerado neste estudo. O período de medidas foi de 8 de fevereiro a 31 de dezembro de 1986, resultando em 85 dias de dados; 369,9mm de precipitação incidente; 323,6mm de precipitação que atravessa a folhagem média, e 46,3mm de interceptação média. Na floresta de Ede (4,9m de altura média das árvores, densidade de 600 árvores por hectare, índice de área foliar igual a 4,9), a precipitação que atravessa a folhagem foi medida em uma parcela de 25m x 25m de *Quercus rubra* usando calhas de 8, 10 e 12m de comprimento e 0,10m de largura associadas a recipientes cujos os níveis de água eram medidos por um sensor de pressão conectado a uma estação de armazenamento de dados. O escoamento pelo caule foi medido para 6 árvores, mas mostrou-se desprezível durante o período de verão. O período de medidas englobou os meses de julho, agosto e setembro de 1988 e 1989, resultando, respectivamente, em 50 e 38 dias de dados. No período do ano de 1988, a precipitação incidente foi de 209,0mm, 171,4mm de precipitação que atravessa a folhagem média, e 37,6mm de interceptação média. No ano de 1989, a precipitação incidente foi de 101,9mm, 78,7mm de precipitação que atravessa a folhagem média, e 23,2mm de interceptação média. Os valores de perda por interceptação, simulados pelo modelo de Gash, foram mais baixos que os simulados pelo modelo de Mulder.

VIVILLE *et al.* (1993) determinaram uma relação semilogarítmica entre a interceptação e a precipitação incidente para um experimento montado na bacia Strengbach em Vosges, França. Foi utilizada uma parcela de 80m x 50m de pinheiros decadentes Norway (*Picea abies*) de 90 anos de idade, 25m de altura média das árvores, índice de área foliar (IAF) de 3,23 e contendo 575 árvores por hectare. Precipitação incidente, precipitação que atravessa a folhagem e escoamento pelo caule foram medidos em três períodos, nos verões de 1988, 1989 e 1990; transpiração foi medida de janeiro a agosto de 1989. Calhas conectadas a um reservatório foram usadas para medir o escoamento pelo caule de 04 árvores representativas da distribuição dos diâmetros dos caules. Durante o primeiro ano, a precipitação que atravessa a folhagem foi medida em 03 fileiras de 16 medidores em posições fixas, distantes 3m das linhas de contorno. Nos anos seguintes apenas uma fileira de medição foi utilizada. A precipitação foi medida em uma clareira por meio de uma cuba basculante de 1m de altura e 2000cm<sup>2</sup> de área para precipitação bruta ( $P_g$ ),

e 01 medidor de 400cm<sup>2</sup> de área para precipitação incidente ( $P_I$ ). Para calcular a precipitação incidente para eventos anteriores a instalação usou-se a seguinte equação:  $P_I = 1,076 P_g - 0,761$  ( $n = 59$ ,  $R^2 = 0,994$ ,  $Se = 1,81$ ). A transpiração foi estimada por medidas de fluxo de seiva em 05 árvores representativas da área total da base. A evapotranspiração potencial foi calculada diariamente usando a equação de Penman e o software ETP-AUTO. Uma estação climática automática forneceu dados de radiação, temperatura e umidade do ar, e velocidade do vento. A interceptação foi calculada como sendo a diferença entre a precipitação em campo aberto e a soma da precipitação que atravessa a folhagem e o escoamento pelo caule. Para o período de medidas, a precipitação que atravessa a folhagem representou 65,3% da precipitação incidente (1710,6mm) sendo que quanto menor o número de eventos de baixa magnitude, menor a precipitação que atravessa a folhagem. O escoamento pelo caule total foi de 8,9mm, equivalendo a 0,5% da precipitação incidente. A interceptação representa 0,342  $P_I$  para todo o período, mas varia consideravelmente dependendo do evento de chuva. Usando o método desenvolvido por Jackson (1975) foi obtida a seguinte relação semilogarítmica entre interceptação e precipitação incidente:  $P_p$  (mm) =  $0,355 + 3,7221 \log_{10} P_I$  ( $N =$  número de eventos de chuva = 16;  $R^2 = 0,833$ ). O uso desta equação permitiu que a capacidade de saturação do dossel fosse estimada em 4mm. Para o local de estudo, a média de interceptação no verão foi de 34% da chuva incidente; este valor variou de ano para ano devido à estrutura irregular da distribuição da chuva. Os autores concluíram que, para neste tipo de local, a interceptação de chuvas é o principal componente da atual evapotranspiração.

COSTA *et al.* (1995) executaram um experimento na Estação Científica “Ferreira Pena”, localizada na reserva florestal de Caxianã, Amazônia, Brasil, para medir a precipitação incidente sobre o dossel da floresta e a precipitação que chega ao solo. O experimento foi realizado no período compreendido entre 22 de março a 27 de março de 1995. A altura média das árvores era de 35 a 40m, porém, algumas apresentavam altura superior a 45m. A precipitação efetiva foi medida no topo de uma torre metálica (45m de altura) construída no interior da floresta, utilizando-se um pluviômetro Castella London Limited Drg nº M 10.8023. A precipitação do dossel foi medida por meio de 20 pluviômetros de PVC de 125mm de diâmetro, contendo em seu interior um reservatório de 2000ml, dispostos em duas fileiras e distantes 10m um dos outros e, para área de captação usou-se um funil plástico de 125mm de diâmetro. As leituras dos pluviômetros eram obtidas diariamente e, após cada leitura, a posição dos pluviômetros era alterada aleatoriamente de modo tal que, as medidas da precipitação do dossel fossem

representativas de uma área de 100m<sup>2</sup> da floresta. Para estimar diariamente o escoamento pelo caule, foram selecionadas 14 árvores representativas da área de 100 x 100 metros e, em cada uma foi instalado um anel metálico conectado a um reservatório fixo no solo. A densidade de caule por área foi estimada pela medida do perímetro das árvores presentes na área de estudo. A interceptação foi obtida pela diferença entre a precipitação incidente e os totais acumulados pela precipitação que atravessa a folhagem e escoamento pelo caule. No período de análise, a precipitação incidente totalizou 104,7mm e a interceptação acumulada foi de 11,34mm (10,33%). O total observado de precipitação que atravessa a folhagem foi de 92,7mm e o escoamento pelo tronco representou 0,7% (0,8mm) da precipitação incidente (ROCHA *et al.*, 1995). O estudo concluiu que a precipitação interceptada foi maior para pequenos totais pluviométricos, pois o escoamento ou os respingos das folhas e galhos só começa quando é superada a capacidade de armazenamento das plantas.

A medição em campo da perda por interceptação pela vegetação de floresta tropical propensa a ciclones é complicada devido aos ventos de alta velocidade que causam volumes circunstanciais incidentes de precipitações de chuvas verticais. Dada à desigualdade de características das abóbadas (de árvores) das florestas tropicais, HERWITZ e SLYE (1995) criaram a hipótese de que as coroas das árvores de abóbadas mais proeminentes criam nuvens de chuva laterais e interceptam maiores volumes de água de chuva por área de cora projetada do que as árvores de abóbadas vizinhas menos proeminentes sob condições de chuva inclinada. Essa hipótese foi testada através de: (1) modelando a geometria tridimensional (3-D) da superfície de abóbadas de uma área de 258ha de floresta tropical em Atherton Tableland, a nordeste de Queensland, Austrália, usando dados de elevação de coroa obtidos fotogrametricamente (fotos de 1976; escala 1:2000); (2) computando os ângulos de inclinação e azimutes das chuvas trazidas por vento para os dias nos quais a quantidade líquida de chuva (precipitação que atravessa a folhagem mais escoamento pelo caule) foi medida de abóbadas de árvores selecionadas; (3) criando e aplicando um programa de traçado para o modelo 3-D de abóbada para quantificar as nuvens de chuva laterais e as áreas eficazes de coroas interceptora de chuva das árvores selecionadas; (4) calculando o índice Ce/C (área eficaz de coroa interceptora de chuva / razão da área da coroa projetada) de cada árvore; (5) analisando a relação entre os valores do índice Ce/C e a medida líquida total de chuva após corrigir diferenças na capacidade de armazenagem de interceptação das árvores. O período de estudo abrangeu os meses de dezembro de 1980 a fevereiro de 1981. A precipitação incidente diária foi medida em uma área desmatada com 10m<sup>2</sup>,

usando um grupo de 15 medidores e uma cuba basculante. Os dados de direção e velocidade dos ventos foram extraídos da estação meteorológica do Departamento Australiano de Meteorologia e da estação meteorológica da Divisão de Pesquisas de Florestas. Dados de precipitação que atravessa a folhagem e escoamento pelo caule foram coletados de 50 árvores representando as 05 espécies mais comuns do local (10 árvores por espécie cujas copas ficavam totalmente expostas à chuva vertical). Para cada árvore usou-se até 10 coletores e/ou 02 calhas, posicionados embaixo da árvore de modo radial para efetuar medidas de precipitação que atravessa a folhagem. O escoamento pelo caule foi coletado por anéis de borracha fixados nos troncos das árvores. Uma correlação significativa ( $P < 0.05$ ) foi encontrada em mais de 80% dos dias de chuva examinados com ângulos inclinados de chuva mais do que  $19^\circ$  em uma precipitação vertical. Estes resultados sugerem que a variação nos totais líquidos de chuva entre árvores de abóbadas vizinhas pode ser explicada em parte pela interceptação diferencial de chuva inclinada. A perda de interceptação é geralmente medida como a diferença entre a medida bruta a céu aberto e a medida de chuva líquida que alcança o chão da floresta. Os resultados experimentais indicaram que a interceptação diferencial da chuva trazida pelo vento pode ser uma significativa, mas corrigível, sendo uma fonte de erro na medição de perda por interceptação em florestas tropicais de regiões não equatoriais propensas a ciclones.

CICCO *et al.* (1995) desenvolveram estudo para determinação do balanço hídrico em uma bacia hidrográfica experimental (56,04ha) da Reserva Estadual de Cunha, estado de São Paulo, Brasil. As medidas de precipitação tiveram início em agosto de 1980 na estação meteorológica e eram obtidas por meio de quatro pluviógrafos. A interceptação da chuva por mata natural secundária foi avaliada por meio de medidas de precipitação em campo aberto, precipitação interna e escoamento pelo tronco, em uma área de  $400\text{m}^2$ . Para medir a precipitação em campo aberto foi utilizado um pluviômetro instalado em uma clareira próxima à área de estudo. A precipitação interna foi avaliada com o uso de 16 pluviômetros alocados no interior da parcela. Medidas do escoamento superficial foram realizadas a partir de maio de 1982 e, neste ano, a precipitação anual e o escoamento são respectivamente, 2587,7mm e 1828,3mm. A evaporação anual foi calculada pela equação de balanço hídrico e alcançou 29,3% da precipitação anual. A precipitação interna e o escoamento pelo tronco foram medidos no período de 07 de fevereiro de 1983 a 20 de janeiro de 1984. As medidas de precipitação tiveram início em agosto de 1980. No período de estudo, a precipitação total foi de 2.291,8mm dos quais 1.838,5mm (80,2%) foram de

precipitação interna; 24,6mm (1,1%) de escoamento pelo caule e, 428,7mm (18,7%) de interceptação.

KLAASSEN *et al.* (1996) estudaram a influência da velocidade do vento, do déficit de umidade e da capacidade de armazenamento na perda por interceptação em uma floresta decídua mista do norte da Holanda. Quatro espécies compunham o estudo: *Quercus rubra*, *Quercus robur*, *Fagus sylvatica* e *Larix leptolepus*, e a média de altura das árvores era 22m. Foram executadas medidas semanais da precipitação que atravessa a folhagem usando 60 reservatórios de 12cm de diâmetro e 20cm de altura, instalados no interior da floresta e uma calha de 8m de comprimento conectada a uma cuba basculante que executava registros a cada 15 minutos. O escoamento pelo tronco foi estimado em 2% da precipitação. O índice de área foliar (IAF) total foi 5,4, com a maior densidade de área foliar entre 8 e 20m. As observações meteorológicas (velocidade do vento, temperatura do ar e déficit de pressão de vapor) foram registradas a 25m acima do solo. Pesquisaram-se possíveis relações do “fetch” (distância livre onde não ocorre interceptação do vento) com as folhas das árvores, durante o período de 1989 a 1990. Os autores concluíram que a interceptação é basicamente independente do “fetch”, desde que a distância seja superior à altura de uma árvore e também, independente da velocidade do vento. A taxa de evaporação aumenta fortemente quando próxima à fronteira da floresta e a interceptação aumenta com o déficit de umidade. Porém, fracassou as medidas de interceptação *versus* precipitação para validar a dependência da capacidade de armazenamento de água com relação à velocidade do vento. Foram recomendadas observações diretas da capacidade de armazenamento uma vez que relacionar a capacidade de armazenamento de água com a velocidade do vento opõe-se aos métodos comuns de estimativa usando interceptação *versus* precipitação.

A estimativa da precipitação que atravessa a folhagem para sistemas florestais é um importante requerimento para modelagem hidrológica e química de bacias hidrográficas e para o entendimento dos processos dependentes da umidade no solo da floresta. WHELAN e ANDERSON (1996) desenvolveram um modelo simples de interceptação baseado no modelo de Rutter para incluir parâmetros de distribuição espacial que estão relacionados com a variável cobertura do dossel e com a capacidade de interceptação. Observações de campo foram executadas em uma plantação de pinheiros (*Picea abies* (Karst) L.) de 52 anos de idade na floresta Haldon, Devon, Reino Unido. Uma série regular de coletores constituídos de funis de polietileno de 15cm de diâmetro engastados em garrafas de vidro de 1,5 litros foram encaixadas

no solo. As alturas dos funis variavam de 30 a 35cm a partir do solo. As garrafas eram substituídas, periodicamente, por outras limpas e o volume de precipitação que atravessa a folhagem coletada em cada ponto, era medido e convertido em lâmina de água (mm). Foi assumido que a medida de volume das garrafas era a precipitação que atravessa a folhagem total para cada coletor durante um período sem neve de mais de 17 dias. Não foi feita nenhuma tentativa para corrigir a evaporação de água das garrafas uma vez que foi assumido que se tratava de uma pequena quantidade, pois todas as amostragens foram feitas no inverno (dezembro de 1994 a fevereiro de 1995) e a área de superfície dos gargalos das garrafas era pequena, reduzindo a taxa de difusão de água para fora das garrafas. Uma estação meteorológica automática foi instalada em um local de campo aberto a 150m da fronteira da floresta, registrando, de hora em hora, os valores médios de temperatura de bulbo seco e molhado, radiação líquida, velocidade e direção do vento, e precipitação total (usando cubas basculantes com resolução de 0,5mm). As taxas de evaporação foram aproximadas usando a equação de Penman-Monteith e a drenagem da cobertura vegetal foi modelada usando uma equação exponencial negativa relativa a umidade do dossel. A precipitação total para o período analisado foi 382mm. O método usado para estimar a cobertura do dossel foi modificado a partir do método descrito por Willison (1991). Os dados observados de precipitação que atravessa a folhagem tinham um forte componente sistemático que foi intensamente correlatado com a distribuição espacial da cobertura e capacidade calibrada do dossel. O modelo foi capaz de reproduzir as vastas tendências nos exemplares observados para a parcela e capaz de prever a precipitação que atravessa a folhagem cumulativa total na parcela durante 77 dias.

VALENTE *et al.* (1997) mediram a quantidade bruta de chuva, a precipitação que atravessa a folhagem e o escoamento pelo caule em dois locais um com árvores de *Eucalyptus globulus* Labill. (7ª rotação em 1993) e outro com *Pinus pinaster* Ait. (60 anos em 1993), no centro de Portugal por dois anos e meio (de janeiro de 1992 a julho de 1994). Para as medições micrometeorológicas foi instalada uma torre metálica no centro de cada local. Um funil colocado no topo de cada torre coletava a precipitação incidente cuja água era levada a uma cuba basculante situada no nível do chão. No alto de cada torre foi instalada uma estação climática automática que forneceu dados de radiação, direção e velocidade dos ventos, temperatura de bulbo seco e bulbo úmido. Em cada local, na camada superior do solo e a 0,5cm de profundidade, foram instaladas 02 placas de fluxo térmico. Em cada local, para medir precipitação que atravessa a folhagem foram instalados 20 medidores de chuva posicionados ao acaso no chão da floresta os

quais, a cada semana, mudavam de posição, e 08 cubas basculantes instaladas em posições fixas. Em 21 troncos de árvores (14 de eucalipto e 07 de pinheiros) foram instalados anéis de borrachas em espiral conectados a recipientes plásticos ou a cubas basculantes para coletar o escoamento pelo caule. As medidas de precipitação incidente, precipitação que atravessa a folhagem e escoamento pelo caule eram volumétricas e semanais. Os resultados mostram que a perda de interceptação é maior no grupo dos pinheiros: 17% de quantidade bruta de chuva (1366,2mm) do que no grupo dos eucaliptos: 11% de quantidade de precipitação incidente (1545,8mm). Isto se deve principalmente aos valores altos da armazenagem da abóbada e da condutância aerodinâmica para a floresta de pinheiros. A perda de interceptação foi simulada, também, pelo modelo de Rutter e o modelo analítico original de Gash e os resultados da modelagem mostram claramente que as versões originais de ambos os modelos superestimam de maneira significativa a perda de interceptação das duas florestas estudadas, ao passo que essas versões do modelo não levam em consideração que a área real de evaporação (abóbada + tronco) é mais reduzida nestas florestas esparsas. Para melhorar a descrição da interceptação de chuva de florestas esparsas, o modelo de Rutter foi reformulado. Esta nova versão do modelo de Rutter e uma versão previamente reformulada do modelo analítico de Gash melhoraram bastante a precisão da simulação para ambas as florestas, resultando em estimativas de perda de interceptação em 3% dos valores medidos.

LLORENS *et al.* (1997) monitoraram precipitação, precipitação que atravessa a folhagem, escoamento pelo caule, quantidade de umidade do dossel e também, condições do tempo e umidade do solo, de julho de 1993 a dezembro de 1995, em uma parcela (198m<sup>2</sup>) de floresta com *Pinus sylvestris*, em uma área montanhosa mediterrânea abandonada, localizada na bacia experimental Vallcebre, Espanha. O local apresenta densidade de aproximadamente 2400 troncos por hectare, 10m de altura média e 33 anos de média de idade das árvores. A coleta de precipitação que atravessa a folhagem foi feita usando 3 conjuntos de 3 calhas de aço galvanizado, cada uma com uma área de superfície de cerca de 1m<sup>2</sup>, elevadas 100cm do chão e inclinadas a 15°, associados a 3 cubas basculantes de 90ml de volume. A queda de massa morta (folhas e galhos pequenos) coletada em cada conjunto de calhas foi pesada em intervalos semanais sendo que diferenças espaciais em peso de massa morta foram consideradas como um indicador das variações de espaço da área foliar sobre cada calha. Por meio de coletores de poliuretano, coletou-se o escoamento pelo caule de 7 árvores, medido em 3 cubas basculantes de mesmas dimensões. Seis sensores de umidade consistindo de tiras paralelas de arame elétrico

foram distribuídos dentro do dossel. Um grade registrador de chuva ( $1\text{m}^2$  de superfície) com as mesmas características dos coletores de precipitação que atravessa a folhagem foi instalado fora da área da floresta, juntamente com uma cuba basculante. Um funil registrador de chuva convencional ( $200\text{cm}^2$ ) com resolução de  $0,2\text{mm}$  foi colocado no nível do chão. Foram obtidos perfis de umidade do solo dentro e fora da área de floresta usando leituras semanais de um TDR (Time Domain Reflectometry). Dados de evapotranspiração foram obtidos, de março de 1994 em diante, a partir da relação de Bowen de uma estação situada fora da área de floresta e a transpiração da árvore foi monitorada usando a técnica da medida do fluxo de seiva (julho de 1994 em diante). Foram analisados 152 eventos de chuva para um total de  $1825\text{mm}$  precipitado. A taxa de interceptação medida após 30 meses de estudo foi cerca de  $24\%$ . A interceptação relativa mostrou-se irregular e diminuindo com a magnitude do evento; sendo  $15\%$  menor para eventos com mais de  $20\text{mm}$  de precipitação. A análise multivariada dos eventos demonstrou que suas características podem ser simplificadas em dois fatores principais que, respectivamente, representam a duração do evento e sua magnitude. A magnitude influencia a caracterização devido a não linearidade da relação precipitação – interceptação. Eventos longos não produzem taxa de interceptação mais alta que os curtos devido à ocorrência de baixos déficits de pressão de vapor durante os eventos longos.

FUJIEDA *et al.* (1997) estudaram processos hidrológicos em duas bacias ( $56,0$  e  $36,7\text{ha}$ ) cobertas por floresta subtropical (Mata Atlântica) na Serra do Mar, São Paulo, Brasil. Foram efetuadas medidas de interceptação pela coroa, escoamento superficial de uma vertente. Estimativas do armazenamento de água no solo dentro das bacias quantificaram componentes individuais dos processos hidrológicos. Foram dez anos de medidas (de 1983 a 1992), durante os quais a chuva média anual foi de  $2319\text{mm}$ . Foi instalada uma estação meteorológica a  $1045\text{m}$  de altitude equipada com sensores de temperatura do ar, umidade relativa, precipitação, velocidade e direção do vento (a  $10\text{m}$ ). A chuva dentro da bacia foi medida com pluviógrafos (4 na bacia A e 3 na bacia B) instalados em clareiras. A chuva atual dentro da bacia foi calculada pelo método da média aritmética. A precipitação que atravessa a folhagem foi medida com 16 medidores e o escoamento pelo tronco, por 9 colarinhos presos ao redor de troncos, em uma parcela experimental de  $20\text{m} \times 20\text{m}$  dentro da bacia A. Precipitação que atravessa a folhagem, escoamento pelo caule e chuva total foram medidos para cada evento de chuva. A interceptação foi calculada como sendo a chuva total menos a soma de precipitação que atravessa a folhagem e escoamento pelo caule. Foram obtidas medidas de interceptação pela coroa das árvores em 67

eventos de chuva entre 09 de janeiro de 1983 a 20 de janeiro de 1984. Para este período, a precipitação total que atravessa a folhagem e o escoamento pelo caule foram, 82,8% e 1,1% da precipitação total, respectivamente. As relações entre chuva total ( $P_T$ ), precipitação que atravessa a folhagem ( $P_L$ ), escoamento pelo caule (EC) e interceptação da coroa ( $I_C$ ) são dadas pelas equações:  $P_L = - 0,584 + 0,839P_T$  ( $r = 0,9987$ );  $EC = - 0,044 + 0,0129P_T$  ( $r = 0,9312$ );  $I_C = 0,603 + 0,155P_T$  ( $r = 0,9744$ ). As medidas mostraram que aproximadamente 15% da chuva anual são interceptados pela cobertura florestal e voltam diretamente para a atmosfera enquanto que 85% da chuva alcança o chão, onde infiltra e permanece no solo para alimentar o fluxo de sub superfície, escoamento subterrâneo ou transpiração.

ASDAK *et al.* (1998) monitoraram, durante 12 meses, as perdas por interceptação de chuva e relacionaram à vegetação e às características das chuvas, em um local de pesquisas (Wanariset Sangai) em Kalimantan Central, Indonésia. O local é dominado por muitas famílias como Dipterocarpaceae, Caesalpinaceae, Euphorbiaceae e Myrtaceae e foi escolhido como sendo representativo da vegetação natural e da topografia regional. Foram estudadas duas áreas: área 1 com altura de árvores variando entre 8,5 e 48m e densidade de 581 árvores por hectare, e uma área 2 onde a altura das árvores oscilava entre 6,8 e 20m e densidade de 211 a 278 árvores por hectare. Os períodos de medidas foram distintos nas áreas: de novembro de 1993 a abril de 1994 na área 1 e de junho de 1994 a junho de 1995 na área 2. Na floresta da área 1 a precipitação total foi medida usando uma pluviógrafo de 0,2mm e dois pluviômetros simples (instalados a 1m acima do solo) incluindo uma combinação de um funil de 18,3cm de diâmetro e um galão plástico de 5dm<sup>3</sup>. As medidas de precipitação incidente foram executadas em um local aberto de cerca de 2 hectares, localizado a aproximadamente 300m das medidas de precipitação que atravessa a folhagem e escoamento pelo caule. A precipitação que atravessa a folhagem foi medida em uma parcela de 100m x 40m ao longo de 5 direções paralelas de 100m de comprimento, separadas de 10m. Cada direção continha 101 pontos de amostragem com intervalos de 1m, totalizando 505 pontos de amostra. Foram instalados 10 pluviógrafos e 40 conjuntos de funis de 18,3cm de diâmetro e galões plástico de 5dm<sup>3</sup>, que foram distribuídos igualmente em 5 linhas nas quais, para cada linha, 8 galões plásticos foram recolocados ao acaso depois de todo o evento de chuva. Na floresta da área 2 a precipitação incidente foi medida usando 3 pluviógrafos de 0,2mm sendo que dois foram situados 15m acima do solo e a outra, a 1m, como parte da estação meteorológica automática. Nesta área foi utilizada uma técnica de amostragem simples estratificada baseada em uma malha da cobertura do dossel, produzido a

partir de uma parcela de 100m x 100m. Foram distribuídos 55 medidores baseando-se na proporção de cada copa, na parcela de 1 hectare. Os galões plásticos eram recolocados depois de cada evento de chuva. Foram distribuídos ao acaso, 15 pluviógrafos em posições fixas, conectados a duas estações de armazenamento de dados. Para medida do escoamento pelo caule foi usado um material de alumínio flamejado (0,5mm) composto para árvores largas, e tubos de plástico associados a galões plásticos de 65dm<sup>3</sup> ou a cubas basculantes de 1dm<sup>3</sup>, para árvores menores. Na área 1 o escoamento pelo caule foi medido em 16 árvores, em 5 classes de diâmetro, espalhadas nas linhas. Na área 2 foram utilizadas 20 árvores em 4 classes de diâmetro. Neste experimento não foi estudado nenhum tipo particular de espécie. Foram consideradas subdivisões na cobertura do dossel: (1) cobertura fechada, (2) cobertura parcial e (3) cobertura com brechas. Foram registrados 55 eventos de chuva selecionados dentro de um gama de 0,5 a 135,5mm na floresta da área 1, e 95 eventos na área 2. No período analisado a precipitação incidente foi de 2199mm na área 1 dos quais 1918mm (87,2%) representam a precipitação que atravessa a folhagem, 30mm (1,4%) o escoamento pelo caule, e 251mm (11,4%) a perda por interceptação. Na área 2 a precipitação incidente foi de 3563mm sendo 3334mm (93,5%) de precipitação que atravessa a folhagem, 9,6mm (0,3%) de escoamento pelo caule, e 219mm (6,2%) de perda por interceptação. Para cada subdivisão da cobertura foi estabelecida uma relação linear entre a precipitação que atravessa a folhagem ( $P_L$ ) e a precipitação incidente ( $P_I$ ): (1)  $P_L = 1,39 + 0,83 P_I$  ( $r^2 = 0,95$ ,  $P = 0,01$ ); (2)  $P_L = 1,77 + 0,93 P_I$  ( $r^2 = 0,98$ ,  $P = 0,01$ ); (3)  $P_L = 0,04 + 1,01 P_I$  ( $r^2 = 0,99$ ,  $P = 0,01$ ), mostrando que a precipitação que atravessa a folhagem é uma função da cobertura do dossel.

### ***3.5. Interceptação em culturas***

McMILLAN e BURGY (1960) conduziram estudos de campo com a finalidade de medir a perda por interceptação em uma cobertura de grama ativamente transpirante, durante o período de setembro de 1959 a janeiro de 1960, no Departamento de Irrigação da Universidade da Califórnia. Foram obtidos registros contínuos de evapotranspiração a partir de um par de lisímetros flutuantes instalados em um campo de grama. A cobertura vegetal sobre e ao redor de cada lisímetro era aspergida alternadamente. Não foram constatadas diferenças apreciáveis entre a evaporação de cobertura úmida e não úmida. Diferenças significativas foram encontradas quando grama morta foi colocada sobre e ao redor dos lisímetros. Os dados indicaram que a evaporação a partir de superfícies de folhas úmidas pode ser responsável por toda ou parte da

evapotranspiração potencial. Os autores concluíram que a totalidade do sistema solo - planta poderia ser considerado na avaliação das perdas por interceptação.

BUTLER e KING (1982) relatam a construção de uma balança eletrônica, com resolução de 0,1mm de água, para medir a precipitação que atravessa a folhagem nas entre linhas de cultura de cereal. O desempenho em campo foi avaliado e resultados de três dias (2, 5 e 17 de julho de 1981) foram usados para obter a quantia de chuva interceptada por um dossel de trigo com cobertura de chão completa. A distância entre as linhas era 18cm e para evitar interferência com a operação das balanças, os talos de cereal tiveram de ser contidos por apoios de arame, perturbando o arranjo natural o menos possível. Foram utilizadas 6 balanças em um campo de trigo, ao longo da estação crescente de 1981. As painéis das balanças eram removidas e esvaziadas depois de cada período de chuva, para registrar o volume de água coletado. O volume de água calculado (V) foi relacionado linearmente à quantia medida depois da chuva. A chuva foi medida com pluviógrafo de 0,6mm de resolução; a precipitação que atravessa a folhagem médio foi dado pela média aritmética das observações das 6 balanças. A diferença entre chuva e precipitação que atravessa a folhagem foi considerada a água interceptada pela cobertura. Os resultados obtidos foram expressos sob a forma de gráficos os quais mostram que, nos dias 2 e 17 de julho, a água interceptada aumentou linearmente com a chuva e não havia indicação de que a capacidade de saturação do dossel tivesse sido alcançada. No dia 5 a água interceptada aumentou rapidamente durante o primeiro milímetro de chuva, e então deixou de aumentar fornecendo uma assíntota que pode ser considerada a capacidade de saturação do dossel para este dia. O índice de área foliar do dossel estava entre 2 e 3, e a capacidade de saturação freqüentemente excedia 1mm. Os autores concluíram que o uso de balanças nas entre linhas para medir a precipitação que atravessa a folhagem só é praticável depois que o dossel alcance a cobertura completa do chão.

VIEIRA (1982) pesquisou a possibilidade da fertirrigação com vinhaça vir a poluir a água do solo e também, a repartição das águas das chuvas na cultura de cana-de-açúcar durante o período de 25 de setembro de 1981 a 30 de março de 1982. O trabalho foi desenvolvido em uma área da Companhia Industrial Agrícola Ometto, Usina Iracema, município de Iracemópolis, SP, cultivada com a variedade CB41-76, terceira soca. Para medida da precipitação interna foram instalados, ao acaso, a 50cm acima do solo, 30 pluviômetros confeccionados com latas de óleo lubrificante, com 9,7cm de diâmetro interno e 15cm de altura em duas áreas de 5m x 5m (15 por área). Para medir a precipitação incidente (a céu aberto) foram instalados em um carreador, 10

pluviômetros distanciados 10m entre si. Coletores construídos com copinhos de plástico de 45mm de diâmetro interno e 53ml de capacidade ligados a recipiente de vidro com 5 litros de capacidade, foram instalados ao redor de todos os colmos de 7 touceiras, 4 em uma área e 3 na outra. Posteriormente estes copinhos foram substituídos por copos maiores (64mm de diâmetro interno e 208ml de capacidade). Dados meteorológicos foram obtidos junto ao posto da usina Iracema, distante cerca de 2km do local. A precipitação interna foi considerada a média do posto enquanto as plantas apresentavam altura inferior a 50cm. Medidas feitas no próprio local tiveram início em 30 de novembro. No período de análise, a precipitação incidente total foi de 1139,5mm, a precipitação interna e escoamento pelo colmo representaram 64% (734,1mm) e 12% (131,1mm), respectivamente. A precipitação efetiva atingiu 76% da precipitação incidente o que equivaleu a 865,2mm e as perdas por interceptação, 24% (274,03mm). O autor obteve equações de regressão para precipitação interna e escoamento pelo colmo, porém os dados analisados ajustaram-se melhor a um polinômio de segundo grau mostrado nas equações seguintes:  $P_L (\%) = 65,073 - 1,033 x + 0,006 x^2$  ( $r = 0,78$ ),  $EC(\%) = 3,398 + 0,920 x + 0,005 x^2$  ( $r = 0,91$ ), onde x representa o número de dias acumulados.

BUTLER e HUBAND (1985) compararam o total de água que alcança o solo, obtido marcando a superfície de solo com látex, com a precipitação que atravessa a folhagem medida no terço central da entre linha de um dossel de trigo maduro. Foram executadas medidas de precipitação que atravessa a folhagem, com trigo de primavera (*Triticum aestivum* cv. Tommi) em 1981 e com trigo de inverno (*Triticum aestivum* cv. Bounty) em 1982. Em 1981 e 1982, seis balanças (Butler e King, 1982) foram usadas para coletar a precipitação que atravessa a folhagem na entre linha da cultura e monitorar a quantidade do mesmo acumulado durante a chuva. A precipitação que atravessa a folhagem e o escoamento pelo caule foram medidos também, na fileira, inserindo caixas sem fundo (220mm x 113mm) ao redor das plantas. O solo dentro de cada caixa foi contornado, com o ponto mais baixo voltado para um tubo de saída conduzindo a um recipiente coletor. Quando a caixa estava completa, látex natural foi vertido sobre o solo, tomando cuidado para marcar a superfície ao redor de cada talo e os lados da caixa. Foi medida, durante cada período de chuva, a quantidade de água que correu fora do látex e foi para o recipiente coletor. Foram instaladas 7 caixas de látex na cultura em 1981 e, 5 em 1982. Para avaliar a quantidade de água pega com o látex, uma caixa semelhante que não continha nenhuma planta (caixa de látex referência) foi usada em 1981, ao ar livre. Nos anos de estudo as medidas foram iniciadas próximo ao fim da extensão dos talos e continuaram até a colheita. O índice de

área foliar (IAF) era aproximadamente 3 em ambos os anos. A chuva a céu aberto foi coletada por um pluviógrafo Snowdon e foi registrada com um pluviógrafo de 305mm de diâmetro cujo mecanismo de cubas basculantes tinha sido modificado de forma que cada movimento representou 0,06mm. Em 1984 foram executadas medidas com trigo de inverno (cv. Avalon) dentro de uma área de 3m x 3m de cultura, selecionada por sua uniformidade. Como não ocorreu nenhuma chuva ao longo da estação crescente, foi aplicada água artificialmente por um aspersor. Foram realizadas medidas de precipitação que atravessa a folhagem mais escoamento pelo caule aplicando látex na área de chão ao redor e entre duas fileiras adjacentes. Uma calha de 2m de comprimento foi primeiramente introduzida no solo, dentro da entre linha. A superfície de látex foi alisada para assegurar a mínima retenção de água e fazer com que toda água entre os centros de duas fileiras adjacentes fosse canalizada para calha. Esta água era representativa da precipitação que atravessa a folhagem total em uma entre linha junto com precipitação efetiva que atravessa a folhagem e escoamento pelo caule de uma única linha. A interceptação foi obtida pela diferença entre a chuva e a precipitação que atravessa a folhagem. Foram obtidos valores de interceptação para os dois arranjos experimentais em três dias. Nos dias 9 e 10 de junho foi aplicada água por irrigação, e embora a taxa de aplicação fosse semelhante em ambos os dias, a eficiência de interceptação foi diferente. Aplicando 5mm de água, as quantias interceptadas foram aproximadamente 1mm em 9 de junho e 2mm no dia 10 de junho. No dia 16 de junho a interceptação alcançou 3mm quando a mesma quantia de água foi aplicada a uma taxa semelhante. As medidas do estudo indicaram que as perdas por interceptação foram da ordem de 40% da precipitação incidente. Tanto para chuva quanto para irrigação as quantias de escoamento pelo caule não foram grandes.

A interceptação das chuvas em macieiras foi estudada por MIRANDA e BUTLER (1986), na estação de pesquisa de Long Ashton, em Bristol, Inglaterra, cultivada com árvores de maçã Cox's Pippin. Durante um período de 3 meses correspondente ao verão de 1980 foram executadas medidas de chuva incidente, precipitação que atravessa a folhagem e escoamento pelo caule. A variabilidade da precipitação que atravessa a folhagem sob uma árvore e em parcela foi avaliada. Equações foram estabelecidas para estimar a perda por interceptação, precipitação que atravessa a folhagem e escoamento pelo caule a partir da chuva incidente. As árvores foram plantadas em 1963 com espaçamento de 4,0m entre as linhas e 2,7m entre as árvores. Foram executadas medidas de precipitação que atravessa a folhagem e escoamento pelo caule em duas linhas centrais dentro do pomar. A chuva incidente total depois da ocorrência de um evento de chuva foi

medida em uma área aberta (10,5m x 25m) de grama ceifada, distante aproximadamente 100m do local, utilizando dois medidores de precipitação (um pluviômetro de 127mm de diâmetro e um pluviógrafo). Para testar a variabilidade da precipitação que atravessa a folhagem sob uma árvore, foram instalados 22 pluviômetros de 127mm de diâmetro localizados simetricamente ao redor do tronco em duas linhas sendo que uma das linhas era paralela à linha de plantio. Depois de 21 eventos de chuva, a precipitação que atravessa a folhagem foi testada estatisticamente. Para avaliar a variabilidade entre as árvores foram utilizados 4 medidores colocados a 60cm do tronco, debaixo de cada árvore, em linhas paralelas ou normais à linha de plantio. Uma árvore de referência foi selecionada para fornecer medidas em posição fixa e outros medidores eram remanejados ao acaso, debaixo de dois conjuntos de 04 árvores. Foram feitas medidas para cada conjunto de árvores por um período de quatro semanas. Para medir o escoamento pelo caule foram usados medidores espirais de alumínio, com 80cm de largura, fixados em 19 troncos de árvores a uma altura de 50cm acima do solo. No período de análise 42 eventos de chuva foram divididos em classes de chuva total. A precipitação total do período foi de 134mm dos quais 84% representaram a precipitação que atravessa a folhagem e 0,8%, o escoamento pelo caule. A perda por interceptação foi calculada como sendo a diferença entre a precipitação incidente e a chuva líquida (precipitação que atravessa a folhagem mais escoamento pelo caule), e atingiu 15,2%. A equação que relaciona a interceptação ( $I\%$ ) com a precipitação incidente ( $P_I\%$ ), obtida pelos autores, é uma hipérbole retangular:  $I = 4,03 + 95,97 / (1 + 1,36 P_I)$ ,  $r^2 = 76\%$ . Também foi obtida uma equação para relaciona a precipitação que atravessa a folhagem ( $P_L\%$ ) à precipitação incidente:  $P_L = 94,92 - 94,92 / (1 + 1,37 P_I)$ ,  $r^2 = 75\%$ . Não foi registrado nenhum escoamento pelo caule para chuvas incidentes com menos de 1,5mm de lâmina. A capacidade de armazenamento do dossel foi determinada pelo método de Leyton (1967) onde a precipitação que atravessa a folhagem era plotado contra a precipitação incidente e determinada uma linha reta a partir dos pontos superiores. Não foram considerados eventos de chuva com menos de 1,0mm. O valor encontrado para capacidade de armazenamento de um dossel cultivado com maçãs Cox's Orange Pippin foi de 0,5mm, e o índice de área foliar deste tipo de dossel é aproximadamente 4. Foi obtida uma linha de regressão para expressar a variação do escoamento pelo caule (EC) com a precipitação incidente ( $P_I$ ), para 16 eventos de chuva:  $EC = 0,01 P_I - 0,005$  ( $r^2 = 0,92$ ,  $P = 0,001$ ). Os valores de precipitação que atravessa a folhagem variaram de 0 a 96% da chuva incidente e os de escoamento pelo tronco, de 0 a 2%. A capacidade de armazenamento pelo tronco atingiu o valor de 0,005mm.

RAO (1987) quantificou as perdas por interceptação em árvores de caju em uma área experimental situada no campus do Centro de Kottamparamba, Índia. A plantação tinha 15 a 20 anos de idade, espaçamento 6m x 6m, altura variando de 4 a 5m e Índice de Área Foliar de 1,0 a 1,25. O período de medidas abrangeu os anos de 1983 e 1984. Foram executadas medidas de precipitação incidente (registrada em campo aberto por meio de um registrador automático de chuva), radiação (MDI – 200), temperatura e umidade do ar, velocidade do vento (anemômetro), precipitação que atravessa a folhagem (9 registradores para tamanhos acima de 1m<sup>2</sup>) e escoamento pelo caule (uso de colares metálicos e um registrador automático de chuva). Para medida da chuva líquida no solo (total de precipitação que atravessa a folhagem e escoamento pelo caule) foi instalada uma chapa plástica de 36m<sup>2</sup> sendo que, a água da cobertura plástica era drenada ao longo de um declive natural (cerca de 20%) até atingir um reservatório (0,25m x 4,00m) e atravessar um medidor de água calibrado. No período de análise a precipitação total foi de 6021mm e, um total de 105 eventos de chuvas selecionados dentro de uma série de chuvas com lâmina d'água menor que 25mm (valores superiores a este causaram respingos e transbordamento do registrador de chuvas). A interceptação foi obtida pela diferença entre a precipitação incidente ( $P_I$ ) e a chuva líquida no solo ( $P_L$ ). Foram efetuadas correções nas medidas de chuva líquida devido à evaporação e ao armazenamento de água em depressões na placa plástica. A capacidade de armazenamento do tronco (0,8mm) foi obtida pela interseção da linha do gráfico de chuva incidente *versus* chuva líquida ( $P_L = 0,750 P_I - 0,757$ ,  $r = 0,836$ , 5% de significância), para precipitações superiores a 1,5mm. Precipitação que atravessa a folhagem e escoamento pelo caule foram obtidos por análise de regressão simples entre a chuva líquida e a precipitação incidente ( $P_L = 0,391 P_I - 0,013$ ,  $r = 0,686$ , 1% de significância), para chuvas menores de 1,0mm. O escoamento pelo caule foi observado apenas para chuvas com lâmina igual ou superior a 3,0mm e constituiu 0,7% do total de chuva que atingiu os cajueiros. Os valores de perda por interceptação foram comparados com estimativas de um modelo simplificado proposto por Gash (1979). Cerca de 31% das chuvas analisadas foi perdido por interceptação sendo que a porcentagem de interceptação foi máxima para eventos tempestades  $\leq 5,0$ mm. Observou-se que há uma redução gradual na porcentagem de perda por interceptação com o aumento do volume de chuva. Os valores estimados pelo modelo de Gash (1979) mostraram-se ligeiramente abaixo dos valores medidos.

LUCHIARI (1989) estudou a repartição das chuvas em culturas de citros num pomar comercial cultivado com a variedade Valência (*Citrus sinensis* Osbeck) com 10 anos de idade,

espaçamento de 6m entre as plantas e 8m entre as linhas, altura média de 4m, situado na Fazenda Amazonas I, município de Leme, SP, Brasil. A pesquisa foi implantada em novembro de 1986 e encerrada em julho de 1988, onde foram determinadas as relações percentuais entre precipitação incidente sobre a cultura e as parcelas que atingem o solo através da precipitação interna e do escoamento pelo caule que, somadas geram a precipitação efetiva. A quantidade de água interceptada pela copa das plantas e evaporada para a atmosfera também foi determinada. Foram utilizadas quatro estações compostas de uma árvore cada, onde foram instalados para medir a precipitação interna, 40 micropluviômetros (82mm de diâmetro interno e 189mm de altura) radialmente distribuídos, e um coletor constituído de uma calha anelada de alumínio (400mm de diâmetro externo), mangueira flexível e reservatório (100litros), para medida do escoamento pelo caule. Com o objetivo de medir a chuva precipitada nas linhas da cultura, foram instalados 5 micropluviômetros. Sobre a copa das árvores foi instalado um pluviômetro. Para medida da precipitação incidente foi instalado um pluviômetro a céu aberto, a 4m acima do solo, ligado por uma mangueira flexível a um recipiente com 5 litros de capacidade e também, 5 micropluviômetros, a 70cm do solo, entre as linhas de plantio. No período de estudo (de 07/11/86 a 01/06/88) foram coletados 70 dados que totalizaram 3072,54mm da precipitação incidente. O autor obteve os seguintes valores para repartição das chuvas: 79% (2412,07mm) de precipitação interna ( $P_L$ ), 4% (126,16mm) de escoamento pelo caule (EC), 83% (2538,23mm) de precipitação efetiva ( $P_E$ ). A interceptação (I) foi obtida pela expressão  $I = P_I - (P_L + EC) = P_I - P_L$  e atingiu 17% (534,31mm). As porcentagens referem-se à precipitação incidente. Através do uso do método da análise de regressão foram encontradas relações entre  $P_I$ ,  $P_L$ ,  $P_E$  e EC, mostradas nas equações:  $P_E = - 2,515 + 0,882 P_I$  ( $r = 0,987$ );  $P_L = - 2,818 + 0,847 P_I$  ( $r = 0,986$ );  $EC = + 0,303 + 0,034 P_I$  ( $r = 0,887$ ). O autor sugere que em estudos relacionados ao assunto se faça a medição da intensidade das chuvas, velocidade e direção dos ventos.

MIRANDA (1994) pesquisou a divisão de chuva em uma plantação de cacau (*Teobroma cacao* Lour.) com 15 anos de idade, plantada com espaçamento de 3m x 3m, densidade de 211 árvores por hectare, e altura média 4m, durante 2 anos e meio (iniciados em setembro de 1983), na estação de pesquisa do centro de Pesquisa de Cacau, Bahia, Brasil. A cultura era sombreada por árvores *Erythrina fusca* Lour., plantadas com espaçamento de 24m x 24m (18 árvores por hectare), com altura variando entre 15 e 20m. A perda por interceptação foi calculada pela diferença entre precipitação incidente e precipitação líquida (precipitação que atravessa a folhagem mais escoamento pelo caule). A chuva incidente foi medida no centro de duas áreas

abertas (20m x 20m) adjacentes, de solo descoberto, localizadas cerca de 150m a leste e ao sul da parcela experimental. Foram usados 2 pluviógrafos sendo que cada medidor foi colocado de forma que fosse obtido um mínimo de 45° de visão irrestrita do céu em todas as direções. Foram instalados 10 funis de 127mm a 0,8m acima do topo das copas das árvores. A chuva capturada acima das árvores foi recolhida para um recipiente plástico preso verticalmente acima da copa. A precipitação que atravessa a folhagem foi coletada por 20 medidores colocados simetricamente ao redor do tronco de cacau, em duas linhas, sendo uma paralela à linha de plantio. Uma árvore de referência foi selecionada tendo metade dos medidores em posições fixas, distantes do tronco 30, 90 e 150cm, e os outros medidores restantes em baixo de árvores selecionadas ao acaso toda semana. Depois de um ano de medidas, a variação da precipitação que atravessa a folhagem foi avaliada estatisticamente. O escoamento pelo caule foi coletado por medidores metálicos espirais de 90cm de comprimento, fixados em 15 troncos a cerca de 50cm acima do solo. As áreas lisas das copas foram estimadas por projeção vertical, do limite da copa para o chão e, equivaleram a 9m<sup>2</sup>. Na segunda metade do experimento, a redistribuição quantitativa da chuva no dossel de cacau foi medida usando 20 calhas metálicas (0,08m x 1,1m) que foram locadas em pontos selecionados ao acaso e abaixo das folhas mortas no chão. Dez das calhas foram erguidas 0,7m do solo e conectadas a 2 galões de polietileno. Foram obtidos dados para 102 eventos de chuva variando de 0,1 a 65,0mm, os quais representaram 12% dos 4751mm registrados durante o período experimental. Vinte e nove eventos de chuva medidos acima do dossel de cacau excederam a precipitação sobre a área experimental. Estes dados não foram descartados, mas incorporados ao restante dos dados, e a precipitação que atravessa a folhagem foi considerado como 100%. A variabilidade da precipitação que atravessa a folhagem na área de estudo foi estimada comparando as quantias médias de precipitação que atravessa a folhagem de cada árvore com a referência sendo que, não foram encontradas diferenças significativas. A precipitação que atravessa a folhagem representou 85% da precipitação incidente. O escoamento pelo caule variou de 0 a 8% sendo em média, 2% da chuva incidente. Não foi detectado escoamento pelo caule em eventos de chuva menores que 5,0mm. A perda total por interceptação foi de 44% da precipitação incidente apresentando a seguinte distribuição média: 16% de perda por interceptação pelas árvores de proteção, 19% de perda por interceptação pelas árvores de cacau e 9% de perda por interceptação pelas folhas mortas no solo.

Com a finalidade de simular a precipitação efetiva - parcela da precipitação total que poderá ser incorporada ao uso consuntivo de água pelas plantas - para fins de irrigação

suplementar, foi desenvolvido por SILVA *et al.* (1994) um modelo embasado nas propriedades físico - hídricas do solo, nas características de cada chuva, nas condições de evapotranspiração da cultura e nas perdas por interceptação foliar. Para calcular a precipitação efetiva, foi ajustada uma equação potencial a partir dos dados medidos de interceptação foliar de 21 chuvas, no período de 7 de dezembro de 1991 a 22 de janeiro de 1992, na cidade de Viçosa, estado de Minas Gerais, Brasil. Os parâmetros utilizados para compor o modelo foram: precipitação (total e duração), evaporação do tanque classe A, velocidade de infiltração básica na superfície do solo, condutividade hidráulica saturada em cinco camadas de solo, interceptação foliar, porosidade do solo em cinco camadas, umidade do solo em cinco camadas a um potencial matricial de 30kg Pa. A equação obtida foi  $ipt = \alpha P^\beta$ , onde ipt representa a interceptação foliar em mm,  $\alpha$  e  $\beta$  são parâmetros que dependem do dossel vegetativo e P é a precipitação incidente total em mm. O modelo foi testado usando a cultura do milho (*Zea mays* L.) sendo que as medições de interceptação foliar com chuva natural foram iniciadas no 39º dia após o plantio da cultura, encerrando-se no 89º após o plantio. O total das precipitações foi de 299,2mm e os parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  da equação foram 0,956 e 0,609 respectivamente, o que resultou em 97,1mm de interceptação.

LEUNING *et al.* (1994) estudaram componentes da divisão sazonal de uso de água em um campo de trigo de 5 hectares, localizado no campus da Universidade Charles Sturt, Wagga Wagga, N.S.W. A variedade Montong foi semeada em 26 de maio de 1991, em fileiras de 170mm de distância, e a densidade de plantas depois da emergência era 160 plantas/m<sup>2</sup>. O pico de índice de área foliar (IAF) foi 3,9. A velocidade do vento foi medida usando um anemômetro, a uma altura de 0,6m acima da cultura. Intensidade de chuva foi mensurada utilizando um pluviógrafo (200mm de diâmetro, 0,2 mm de resolução), em intervalos de 6 minutos. Os resultados do instrumento automático foram conferidos com um pluviômetro padrão de 200mm, lido manualmente. O déficit de saturação foi calculado a partir das temperaturas de bulbo seco e bulbo úmido medidas com termômetros aspirados de resistência de platina, localizados a 0,8m acima da cultura. Também foi medido o fluxo de calor no solo. O IAF foi estimado usando uma combinação de biomassa colhida e técnicas de interceptação de luz. A biomassa sobre o solo foi medida a cada duas semanas a partir de colheitas de 12 parcelas de 0,5m<sup>2</sup>. A evapotranspiração total foi estimada usando uma combinação de medidas de refletância e medidas de sonda de neutros. Foram utilizados lisímetros de miniatura para medir evaporação do solo do dossel.

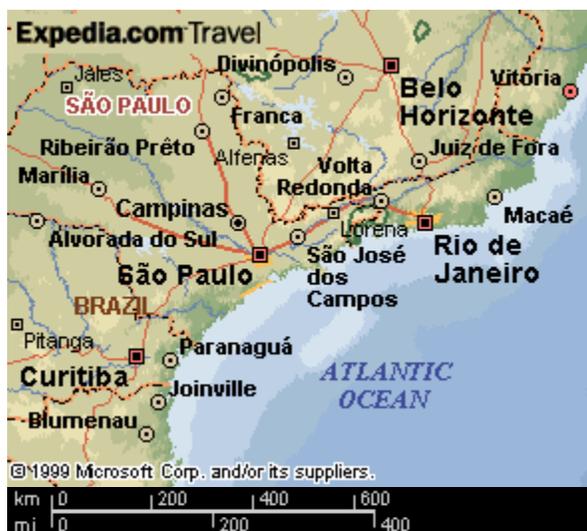
Evaporação de chuva interceptada foi calculada usando uma técnica aerodinâmica em conjunto com um coeficiente de armazenamento do dossel. Medidas detalhadas de evaporação do solo e da interceptação de chuva tiveram início 80 dias depois da semeadura, quando o índice de área foliar (IAF) era aproximadamente 1, até 165 depois da semeadura. As perdas por interceptação atingiram 33% da chuva deste período (114mm) enquanto que a evaporação do solo foi 48% da chuva. A interceptação combinada com perdas por evaporação do solo para toda a estação crescente representou 49% (93mm) da evapotranspiração total.

## IV - MATERIAIS E MÉTODO

Para pesquisar o processo de interceptação de chuvas na cultura de cana-de-açúcar, foi montado um experimento no município de Campinas, SP, onde foram medidos em campo precipitação incidente ( $P_I$ ); precipitação que atravessa a vegetação e atinge o solo ( $P_L$ ); o índice de área foliar (IAF), e calculada a precipitação interceptada ( $P_P$ ).

### 4.1. Localização do Experimento

O estudo foi desenvolvido no campo experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, localizado no município de Campinas, estado de São Paulo, latitude S22°53'20" e longitude W47°04'40". Campinas encontra-se a 680m de altitude, sua área total é de 798km<sup>2</sup> e está distante 100km da capital do estado, São Paulo. Campinas é o pólo de uma região composta por vinte e duas cidades e 2,2 milhões de habitantes (CAMPINAS, 2000).



**Figura 1 – Localização do município de Campinas no Estado de São Paulo (Fonte: <http://maps.expedia.com>)**

O clima local é classificado, de acordo com a classificação de Köppen, como tropical de altitude com inverno seco e verão úmido (LUCARELLI, 1997). A temperatura média nos meses de outubro a março varia de 22 a 24°C e nos meses de abril a setembro, de 18 a 22°C. A umidade relativa do ar é cerca de 77% nos meses de outubro a março e 65% nos meses de abril a setembro (CAMPINAS, 2000). De acordo com dados do posto de prefixo D4-044 de nome Campinas, localizado no município de Campinas, integrante do Banco de Dados Pluviométricos do Estado

de São Paulo, a precipitação média anual de Campinas é 1372,4mm (valor calculado com as séries anuais dos anos de 1941 a 1997). O período chuvoso estende-se do mês de outubro ao mês de março, sendo que o mês mais de maior concentração de chuvas é janeiro (238,4mm, valor médio) e o mês mais seco é agosto (31,4mm, valor médio) (SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS E OBRAS, 1997).

#### ***4.2. Caracterização da Área Experimental***

O dispositivo experimental foi montado em uma parcela do campo experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola – UNICAMP (Figura 2), com área de aproximadamente 1 hectare e solo Latossolo Roxo distrófico textura argilosa, Unidade Barão Geraldo (OLIVEIRA, 1979).



**Figura 2 – Parcela experimental**

Os dados do Posto Meteorológico da Faculdade de Engenharia Agrícola mostram que a precipitação média anual no campo experimental é de 1469,7mm (valor calculado com as séries anuais dos anos de 1989 a 1999). Janeiro é o mês com maior incidência de chuvas (270,8mm, valor médio) e o mês mais seco é agosto (16,6mm, valor médio).

A variedade de cana-de-açúcar cultivada na parcela experimental é NA 72454, plantada em maio de 1997 com espaçamento de 1.40m entre as linhas de plantio e cortada pela primeira vez em agosto de 1998.

### ***4.3. Medidas de Campo***

#### ***4.3.1. Parâmetros Climáticos***

A Faculdade de Engenharia Agrícola possui um Posto Meteorológico, localizado a 300m da área de estudo que possui os seguintes aparelhos: termógrafo, higrógrafo, pluviômetro, pluviógrafo, heliógrafo, tanque classe A, conjunto de geotermômetros, conjunto psicrômetro, estação climática automática CAMPBELL. O posto fornece dados de temperaturas máxima e mínima, da umidade relativa do ar (em três horários: 9h, 15h e 21h) e do índice pluviométrico ao Centro de Ensino e Pesquisas em Agricultura (CEPAGRI), responsável pela previsão meteorológica para Campinas e região.

Uma estação climática automática CAMPBELL foi instalada na parcela, em uma plataforma de madeira montada a 6m acima do solo. Esta estação é equipada com um pluviógrafo e sensores para medir temperaturas máxima e mínima, umidade relativa do ar, pressão barométrica, velocidade do vento (em duas alturas: 2m e 5m), radiação solar, temperatura do solo, fornecendo dados em intervalos de 10 minutos.

#### ***4.3.2. Precipitação Incidente***

Para calcular o valor da precipitação interceptada pela cultura de cana-de-açúcar na área experimental, foram utilizados os dados pluviométricos diários coletados no Posto Meteorológico da Faculdade de Engenharia Agrícola e utilizados pelo CEPAGRI.

#### ***4.3.3. Precipitação que atinge o solo – Lâmina de água no solo***

A precipitação que atravessa a vegetação e atinge o solo foi coletada por 29 calhas locadas ao acaso dentro da parcela. As calhas apresentavam seção retangular e eram de dois materiais diferentes, ferro galvanizado e PVC, e suas dimensões são mostradas na tabela 1.

As calhas foram dispostas abaixo da folhagem da cultura, entre duas linhas de plantio, perpendicularmente à linha (Figura 3), e foram fixadas no solo por meio de suportes metálicos confeccionados com barras de ferro, aproximadamente a 45cm acima do solo, apresentando uma pequena inclinação respeitando a declividade do terreno. Cada calha foi conectada a um recipiente plástico (galão) com capacidade para armazenar cerca de 20litros (Figura 4), produto de reaproveitamento das embalagens de suco de fruta concentrado utilizado nos restaurantes universitários da UNICAMP. A conexão entre calha e galão foi feita por um adaptador acoplado em um orifício no fundo da calha e mangueira de borracha (Figura 5). As mangueiras foram inseridas em aberturas feitas nas tampas dos galões. Para tentar evitar o tombamento, os galões

foram colocados em pequenas covas abertas no solo (Figura 6). Cada conjunto calha – galão era identificado por etiquetas plastificadas de mesmo número.

O volume coletado pelas calhas e armazenado nos galões foi medido com o auxílio de uma proveta plástica de 1000ml (menor divisão: 10ml) e de um funil metálico grande usado para colocar óleo em tratores (Figura 7). As medidas de volume foram executadas com a ajuda de um funcionário do campo experimental (Figuras 8 e 9). Durante os dias úteis, as leituras eram diárias, geralmente às 9 horas e correspondiam a precipitação ocorrida no período das 9 horas do dia anterior até o horário da medida, sendo atribuídas ao dia anterior. As chuvas ocorridas nas sextas-feiras, sábados e domingos constituíram medidas acumuladas, realizadas às segundas-feiras. Em caso de feriados, chuva durante o horário de medida ou qualquer outra impossibilidade de leitura, também foram adotadas medidas acumuladas.

#### **4.3.4. Escoamento pelo caule**

Para a realização do presente estudo, optou-se por não realizar medidas de escoamento pelo caule uma vez que esta quantia representa uma fração muito pequena da precipitação incidente (LIMA, 1976; LEONARD, 1961; ROWE, 1979; LLOYD e MARQUES F<sup>o</sup>, 1988; CASTRO, 1983; BUTLER e HUBAND, 1985; VALCARCEL, 1985; LUCHIARI, 1989; MIRANDA e BUTLER, 1986; JOHSON, 1990; HUTJES *et al.*, 1990; NÁVAR e BRYAN, 1990; SCATENA, 1990; VIVILLE *et al.*, 1993; LANKREIJER *et al.*, 1993; MIRANDA, 1994; CICCIO *et al.*, 1995; COSTA *et al.*, 1995; FUJIEDA *et al.*, 1997; ASDAK, 1998).

#### **4.3.5. Índice de Área Foliar (IAF)**

O índice de área foliar (IAF) representa a quantidade de fitomassa aérea da vegetação é expresso pela relação entre a área total de superfície das folhas e sua área de projeção.

Foram executadas medidas do índice de área foliar acima de cada calha coletora, e da parcela toda, utilizando o equipamento LAI 2000 Lai – Cor. As medidas, realizadas por um aluno de iniciação científica (LULU, 1999), eram inicialmente efetuadas a cada 15 dias e depois de atingido um estágio mais avançado de crescimento da cultura passaram a ser a cada 30 dias.

**Tabela 1- Características e dimensões das calhas coletoras (seção retangular)**

<b>Calha</b>	<b>Material</b>	<b>Comprimento (m)</b>	<b>Largura (m)</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>Área Exposta (m<sup>2</sup>)</b>
01	Ferro galvanizado	1,88	0,18	0,07	0,33
02	Ferro galvanizado	1,88	0,18	0,07	0,33
03	Ferro galvanizado	1,88	0,18	0,06	0,33
04	Ferro galvanizado	1,86	0,18	0,06	0,33
05	Ferro galvanizado	1,88	0,18	0,06	0,33
06	Ferro galvanizado	1,86	0,18	0,07	0,33
07	Ferro galvanizado	1,87	0,18	0,07	0,33
08	Ferro galvanizado	1,87	0,18	0,07	0,33
09	Ferro galvanizado	1,87	0,18	0,07	0,33
10	Ferro galvanizado	1,86	0,18	0,07	0,33
11	Ferro galvanizado	1,88	0,18	0,07	0,33
12	Ferro galvanizado	2,98	0,12	0,08	0,6
13	Ferro galvanizado	2,99	0,12	0,08	0,36
14	Ferro galvanizado	2,98	0,12	0,08	0,36
15	Ferro galvanizado	2,98	0,12	0,08	0,36
16	Ferro galvanizado	2,99	0,12	0,08	0,36
17	Ferro galvanizado	2,99	0,12	0,08	0,36
18	Ferro galvanizado	2,99	0,12	0,08	0,36
19	Ferro galvanizado	2,99	0,12	0,08	0,36
20	Ferro galvanizado	2,99	0,12	0,08	0,36
21	Ferro galvanizado	2,98	0,12	0,08	0,36
22	Ferro galvanizado	2,99	0,12	0,08	0,36
23	Ferro galvanizado	2,98	0,12	0,08	0,36
24	PVC	3,01	0,11	0,09	0,35
25	PVC	3,01	0,11	0,09	0,35
26	PVC	3,01	0,11	0,09	0,35
27	PVC	3,01	0,11	0,09	0,35
28	PVC	3,01	0,11	0,09	0,35
29	PVC	3,01	0,11	0,09	0,35



**Figura 3 – Calhas de PVC (0,11m x 3,01m x 0,09m) dispostas entre duas linhas de plantio**



**Figura 4 – Recipiente plástico (20l) utilizado para armazenar a água coletada pelas calhas**



**Figura 5 – Sistema de coleta de precipitação que atravessa a vegetação e atinge o solo**  
**Conexão calha - galão**



**Figura 6 – Galões colocados em covas abertas no solo**



**Figura 7 – Proveta e funil utilizados para medir o volume armazenado nos galões**



**Figura 8 – Execução de medidas em campo**



**Figura 9 – Execução de medidas em campo**

Para caracterizar a parcela, foram distribuídas 81 estacas de bambu, numeradas com tinta vermelha. As estacas foram localizadas em relação a um ponto localizado no centro da área experimental, utilizando-se um teodolito. Foram anotados os ângulos horizontal e vertical de cada estaca, bem como as respectivas distâncias em relação ao aparelho, o que forneceu as coordenadas x, y e z.

Para cada ponto (estaca) foram executadas 5 medidas utilizando com o LAI 2000 Lai – Cor sendo, uma exatamente no local da estaca e as outras quatro nos quatro pés de cana mais próximos da estaca (aproximadamente 1m de distância cada um). O aparelho foi zerado antes de cada medição. Após a medição, a média dos cinco valores é calculada automaticamente e armazenada no aparelho. As medidas foram realizadas com extremo cuidado, pois o aparelho só registra os dados quando existir apenas luz difusa, ou seja, no início da manhã, no final do dia ou eventualmente quando o dia estiver totalmente nublado.

A caracterização das calhas coletoras foi realizada seguindo os procedimentos fundamentais: zerar o aparelho antes de cada medida e respeitar o horário apropriado. Foram estabelecidos, em cada calha, 5 pontos equidistantes. Para cada ponto foi executada uma medida e o índice de área foliar representativo da calha foi adotado como sendo a média dos cinco valores medidos.

Como a parcela é relativamente grande e o procedimento de medida do índice de área foliar é bastante demorado, foram necessários de dois a três dias para realizar cada medição completa (parcela e calhas coletoras).

Com as medidas de IAF procurou-se estabelecer uma relação entre índice de área foliar, precipitação interceptada e lâmina de água no solo.

#### ***4.4. Determinação da Quantidade de Chuva Interceptada***

A pesquisa teve início em 05 de fevereiro de 1999 e foi encerrada em 20 de dezembro de 1999. Nesse período, cada medida de volume armazenado nos galões (parcela da precipitação que atinge o solo) foi transformada em lâmina de água (mm) dividindo o volume medido (litros) pela área ( $m^2$ ) da respectiva calha, sendo denominada lâmina de água no solo ( $P_L$ ).

A quantia de chuva interceptada pela cultura ( $P_P$ ) foi obtida subtraindo da precipitação incidente ( $P_I$ ) o valor da lâmina de água no solo ( $P_L$ ). Esse cálculo foi efetuado para todas as medidas executadas no estudo o que forneceu valores diários de perda por interceptação.

#### **4.5. Modelo Matemático**

Um modelo matemático foi usado para caracterizar o processo de interceptação de chuvas na cultura de cana-de-açúcar, estando este relacionado ao grau de desenvolvimento e estrutura do espécime cultivado, e à precipitação incidente. Foi adotado o modelo linear para relacionar a quantidade de chuva que chega ao solo à precipitação incidente, expresso sob a forma:

$$\mathbf{P_L = a P_I + b \quad \text{para } P_I > b \quad (2)}$$

Sendo a e b são os coeficientes angular e linear, respectivamente.

## V -RESULTADOS

No período de análise (05/02/99 – 20/12/99) observou-se uma precipitação incidente total de 886,5mm, registrada em 71 eventos de chuvas. Entretanto, ocorreu uma precipitação de 107,6mm no dia 10/03/99, onde os galões de armazenamento não suportaram a quantidade de água coletada pelas calhas. Assim, esse dia não foi computado nas observações da interceptação no período, e a precipitação incidente total considerada foi de 778,9mm. .

Calculou-se, para cada calha, a lâmina de água diária que atinge o solo ( $P_L$ , em milímetros) dividindo-se o volume de água armazenada no galão (litros) pela área da respectiva calha coletora (em metros quadrados). Subtraindo-se da precipitação incidente ( $P_I$ ) diária a lâmina de água que chega ao solo ( $P_L$ ) diária, foram obtidos valores da precipitação interceptada ( $P_P$ ). A Tabela 2 mostra os totais de precipitação incidente ( $P_I$ ), lâmina de água no solo ( $P_L$ ), precipitação interceptada ( $P_P$ ), bem como as porcentagens de lâmina de água no solo ( $P_L\%$ ) e de precipitação interceptada ( $I\%$ ) em relação à precipitação incidente ( $P_I$ ).

A Figura 10 ilustra a variação percentual da lâmina de água no solo ( $P_L$ ) e da precipitação interceptada ( $P_P$ ) entre as calhas coletoras, considerando o período total de estudo. No Apêndice A encontram-se os gráficos que demonstram as diferentes quantidades de  $P_I$ ,  $P_L$  e  $P_P$  em milímetro de água e em porcentagem, para o conjunto de calhas. O mesmo foi feito para cada calha individualmente (Apêndice B), como exemplifica a Figura 11.

A partir das medidas de Índice de Área Foliar (IAF) foi calculado, para cada calha, um IAF médio, indicado na tabela 2. A Figura 12 apresenta a variação do IAF médio entre as calhas. No Apêndice C constam os gráficos demonstrativos da variação do IAF de cada calha ao longo do tempo.

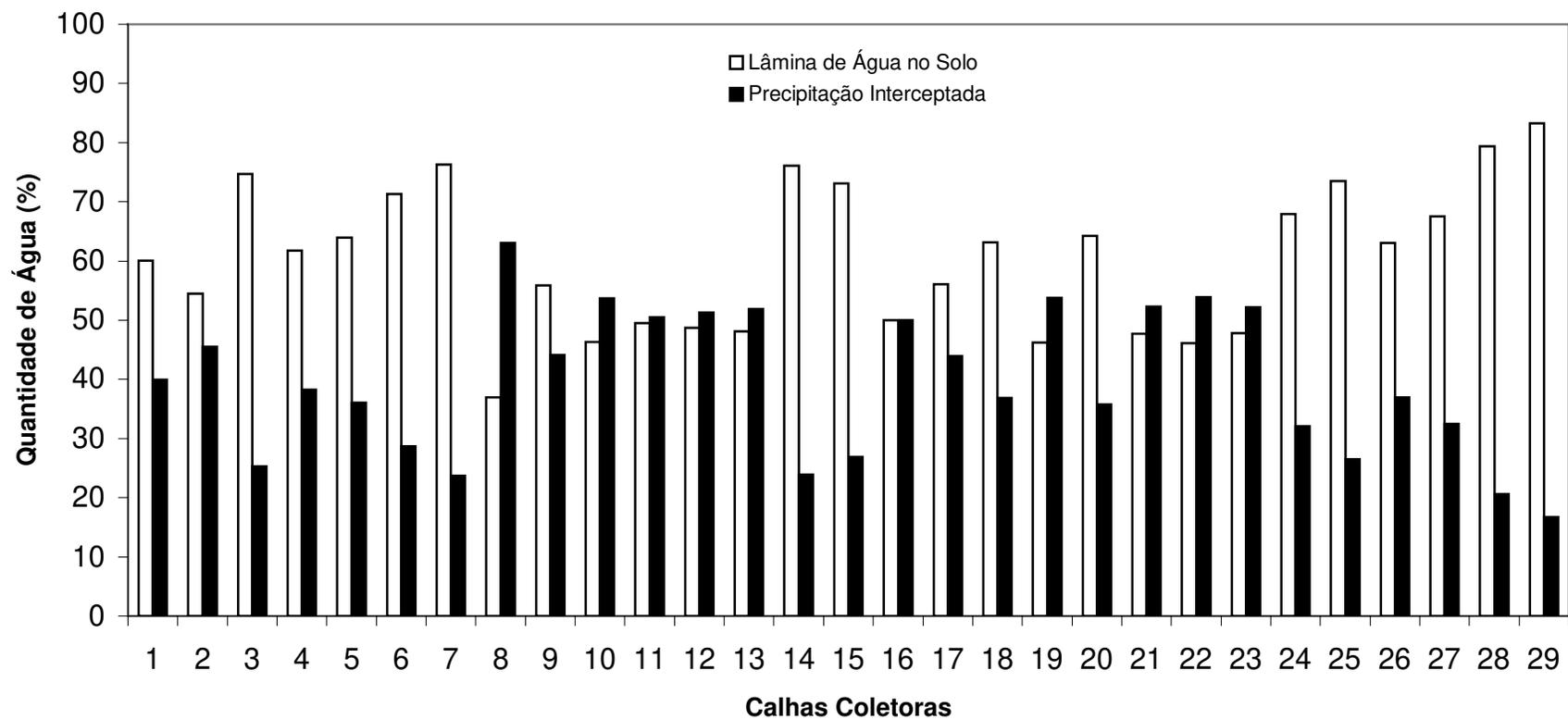
Para acompanhar a evolução do IAF da área experimental foi executado um levantamento topográfico (Figura 13) que serviu de base para a confecção de cartas de distribuição espacial do IAF na parcela (Figura 14). Também foram elaborados gráficos que apresentam a variação do IAF ao longo do tempo para cada calha, como exemplifica a Figura 15. Todas as demais cartas confeccionadas podem ser encontradas no Apêndice D.

O comportamento da lâmina de água no solo e da precipitação interceptada com relação ao IAF para o conjunto de calhas pode ser examinado nas Figuras 16 e 17, onde estão relacionadas às quantidades totais de lâmina de água no solo e de precipitação interceptada ao IAF médio.

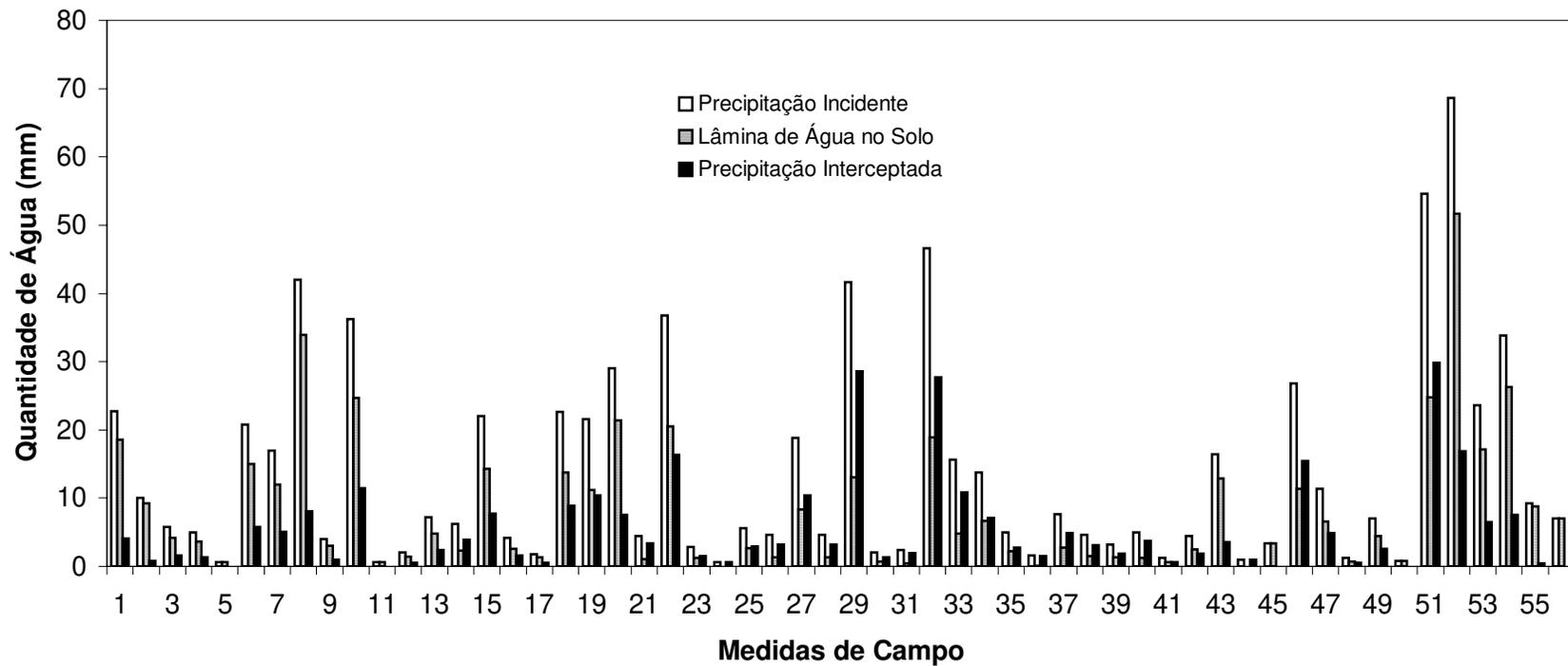
**Tabela 2 – Valores totais de precipitação incidente, lâmina de água no solo e precipitação interceptada e período de coleta de cada calha**

Calha	PI (mm)	PL (mm)	PL %	PP (mm)	I %	Período	IAF Médio
1	778.9	467.7	60.1	311.2	39.9	05/02 a 20/12/99	3.12
2	767.5	418.5	54.5	349.0	45.5	05/02 a 20/12/99	2.07
3	710.3	530.6	74.7	179.7	25.3	05/02 a 20/12/99	1.68
4	778.9	481.3	61.8	297.6	38.2	05/02 a 20/12/99	1.80
5	778.9	498.0	63.9	280.9	36.1	05/02 a 20/12/99	1.13
6	778.9	555.4	71.3	223.5	28.7	05/02 a 20/12/99	1.85
7	710.3	541.8	76.3	168.5	23.7	05/02 a 20/12/99	2.13
8	778.9	288.1	37.0	490.8	63.0	05/02 a 20/12/99	2.81
9	778.9	435.6	55.9	343.3	44.1	05/02 a 20/12/99	3.35
10	778.9	360.3	46.3	418.6	53.7	05/02 a 20/12/99	3.46
11	778.9	385.9	49.5	393.0	50.5	05/02 a 20/12/99	3.48
12	605.0	294.9	48.7	310.1	51.3	09/03 a 20/12/99	2.81
13	605.0	291.3	48.1	313.7	51.9	09/03 a 20/12/99	1.39
14	111.8	85.1	76.1	26.8	23.9	09/03 a 06/05/99	1.10
15	111.8	81.8	73.1	30.0	26.9	09/03 a 06/05/99	1.28
16	111.8	55.9	50.0	55.9	50.0	09/03 a 06/05/99	1.27
17	111.8	62.8	56.1	49.0	43.9	09/03 a 06/05/99	1.28
18	605.0	381.5	63.1	223.5	36.9	09/03 a 20/12/99	1.34
19	605.0	279.3	46.2	325.7	53.8	09/03 a 20/12/99	2.20
20	605.0	388.3	64.2	216.7	35.8	09/03 a 20/12/99	1.42
21	605.0	288.3	47.7	316.7	52.3	09/03 a 20/12/99	1.88
22	605.0	279.2	46.1	325.8	53.9	09/03 a 20/12/99	1.68
23	605.0	289.0	47.8	316.0	52.2	09/03 a 20/12/99	1.96
24	605.0	410.7	67.9	194.3	32.1	09/03 a 20/12/99	1.88
25	605.0	445.0	73.5	160.0	26.5	09/03 a 20/12/99	1.61
26	605.0	381.2	63.0	223.8	37.0	09/03 a 20/12/99	1.76
27	582.4	393.4	67.5	189.0	32.5	16/03 a 20/12/99	1.96
28	598.8	475.5	79.4	123.3	20.6	16/03 a 20/12/99	1.56
29	530.2	441.5	83.3	88.7	16.7	16/03 a 20/12/99	1.26
<b>Valores Médios</b>	<b>594.2</b>	<b>354.8</b>	<b>60.5</b>	<b>239.5</b>	<b>39.5</b>		<b>1.95</b>

\* Diferenças nos valores de  $P_i$  para calhas com mesmo período de coleta de dados, são atribuídas a problemas como transbordamento ou rompimento do recipiente armazenador ou mangueira desconectada.

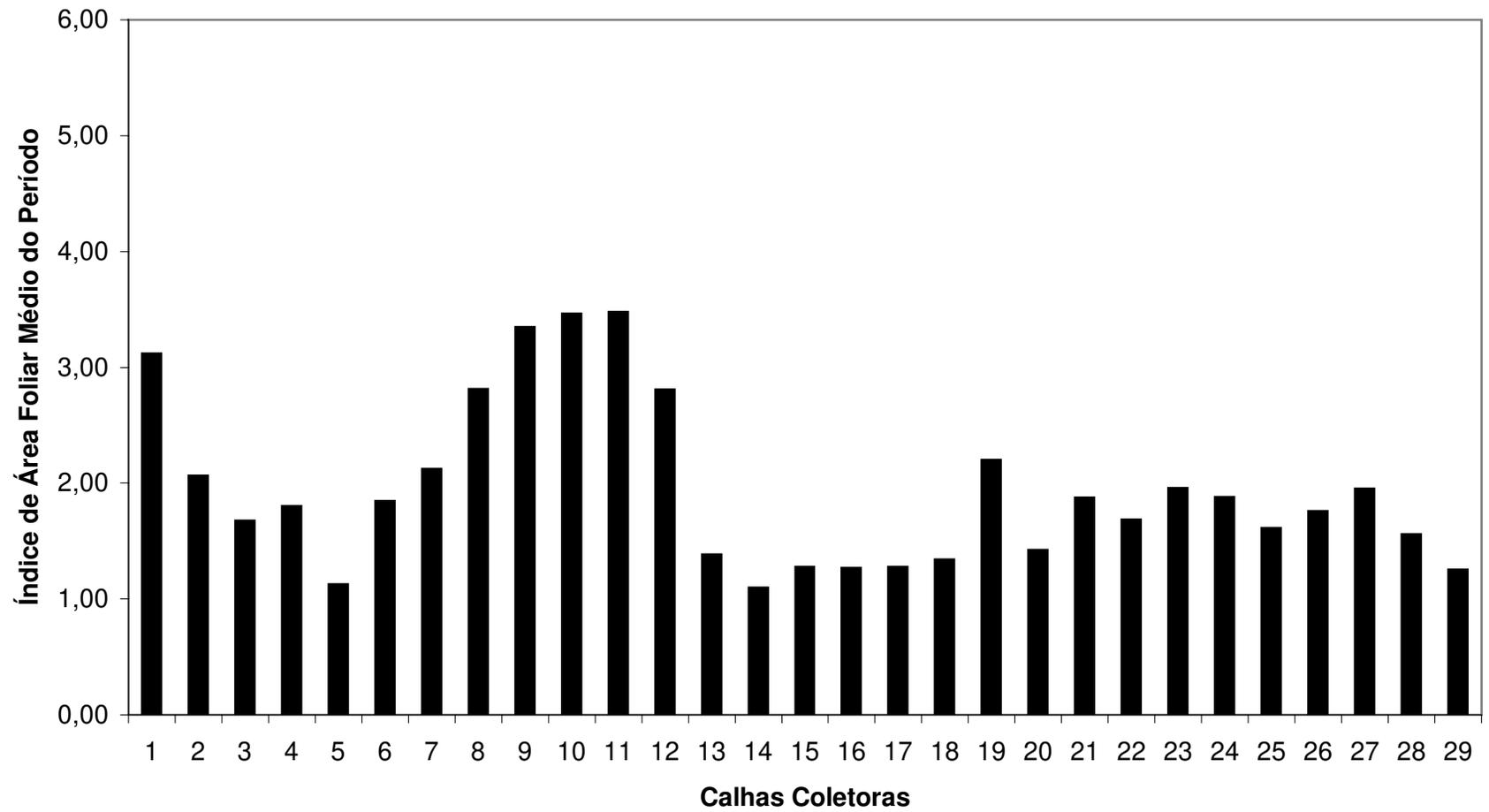


**Figura 10 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DOS TOTAIS DE LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E DE PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA**

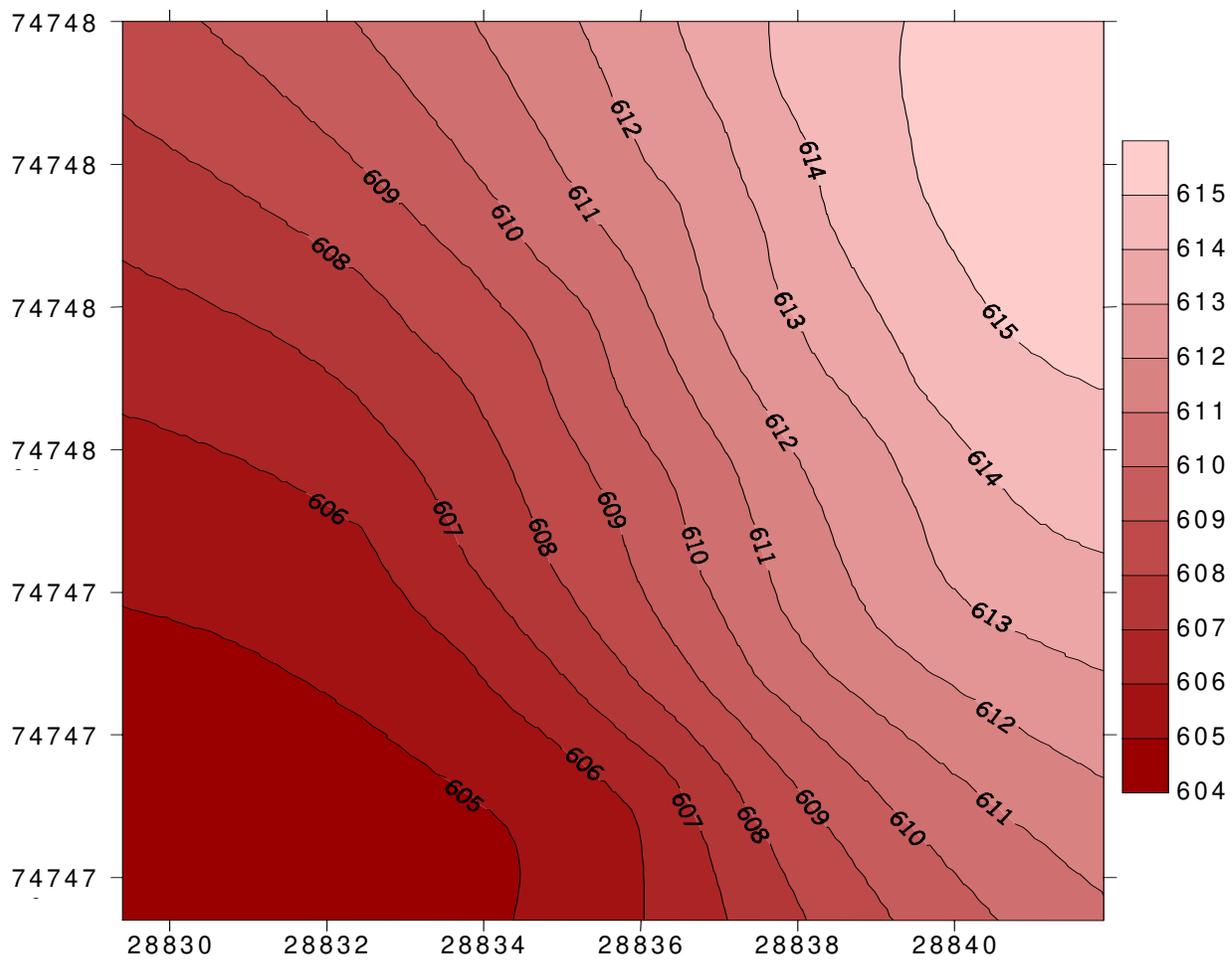


**Figura 11 - VARIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO INCIDENTE, LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO – Calh**





**Figura 12 – VARIAÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR MÉDIO ENTRE AS CALHAS**



**Figura 13 – LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO DA ÁREA EXPERIMENTAL**

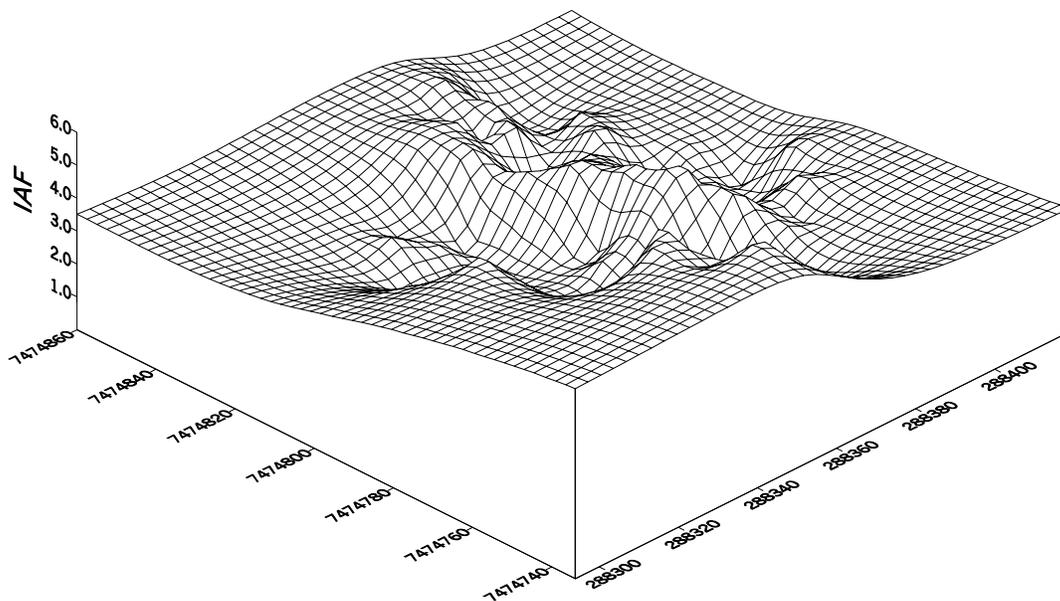
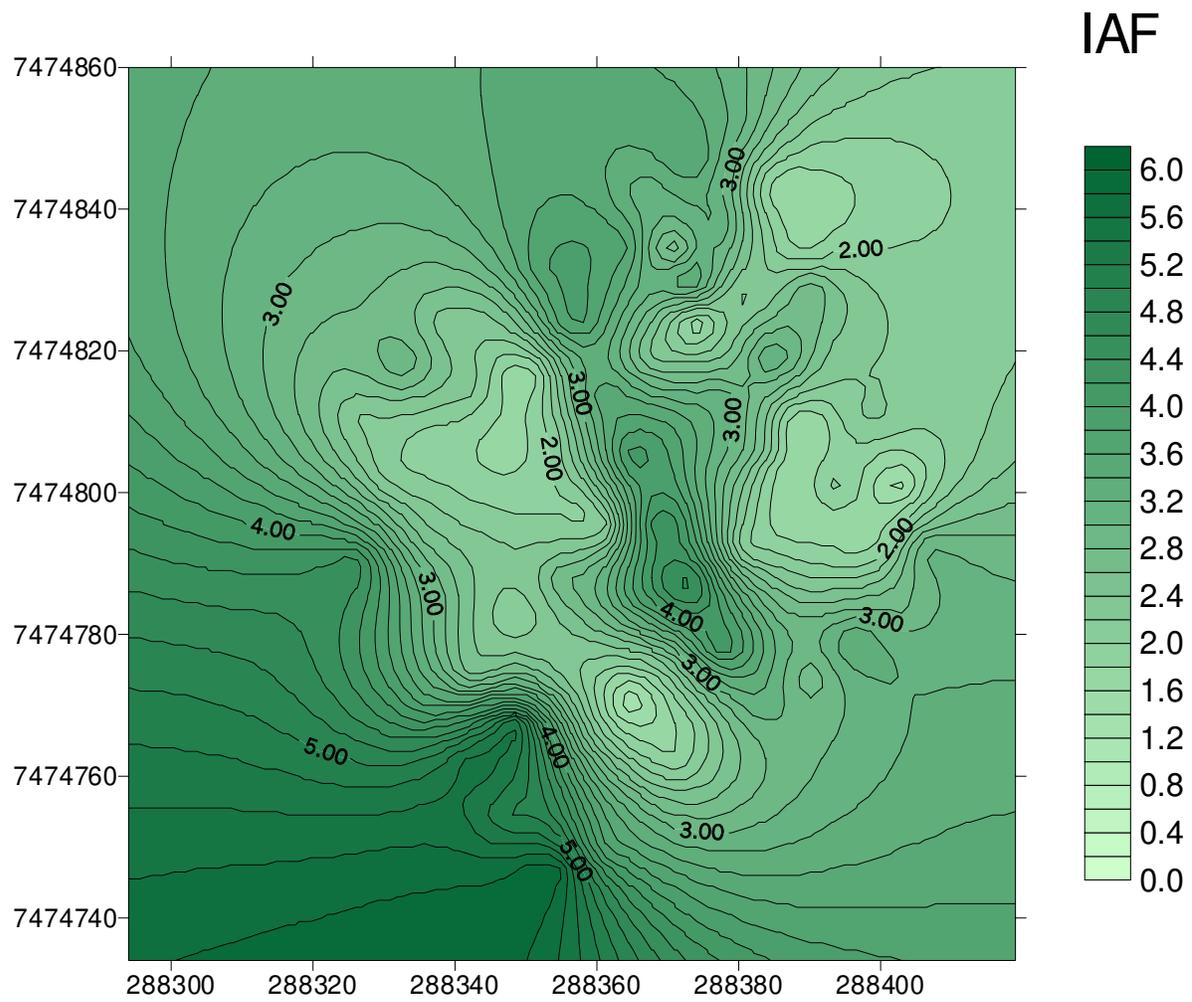
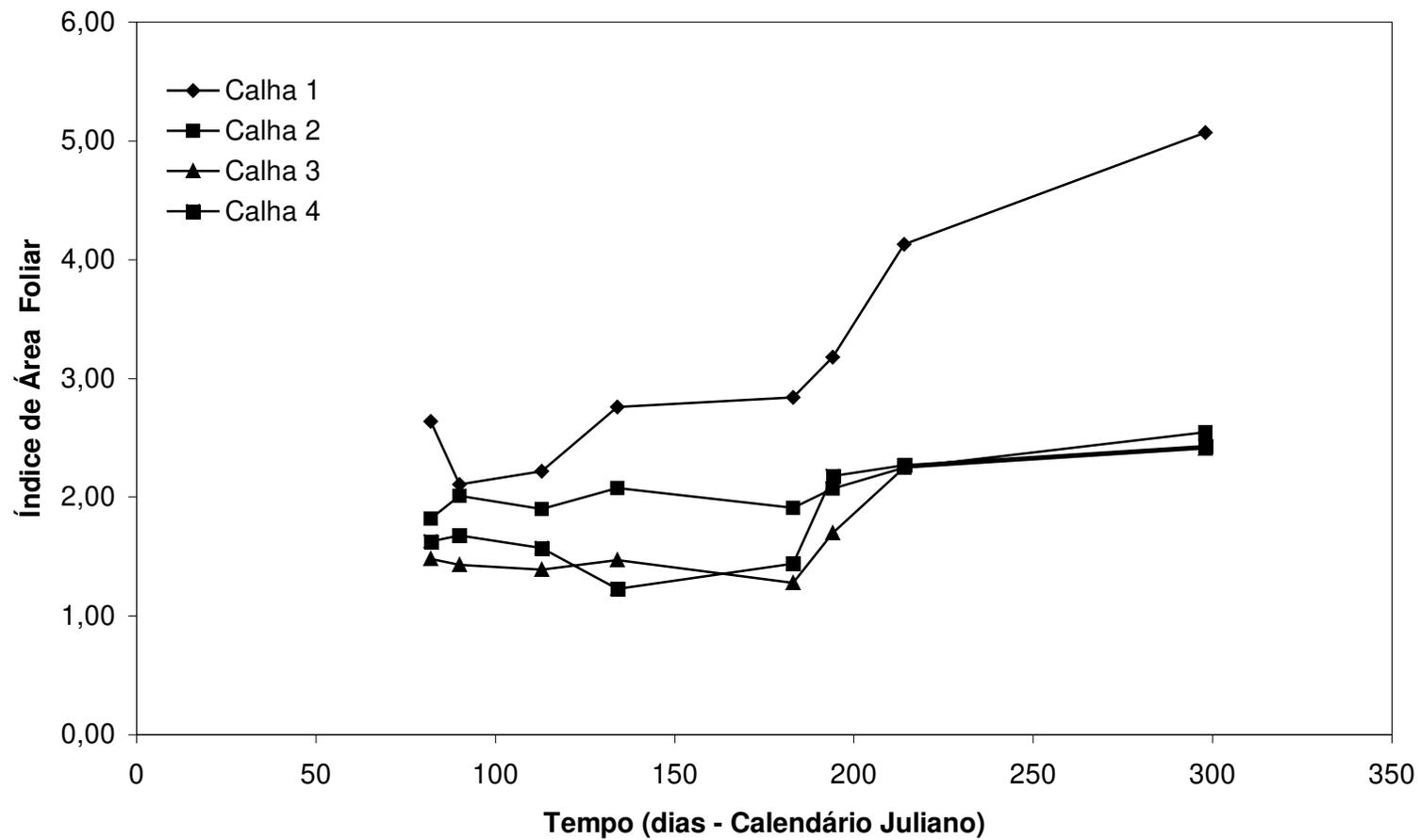
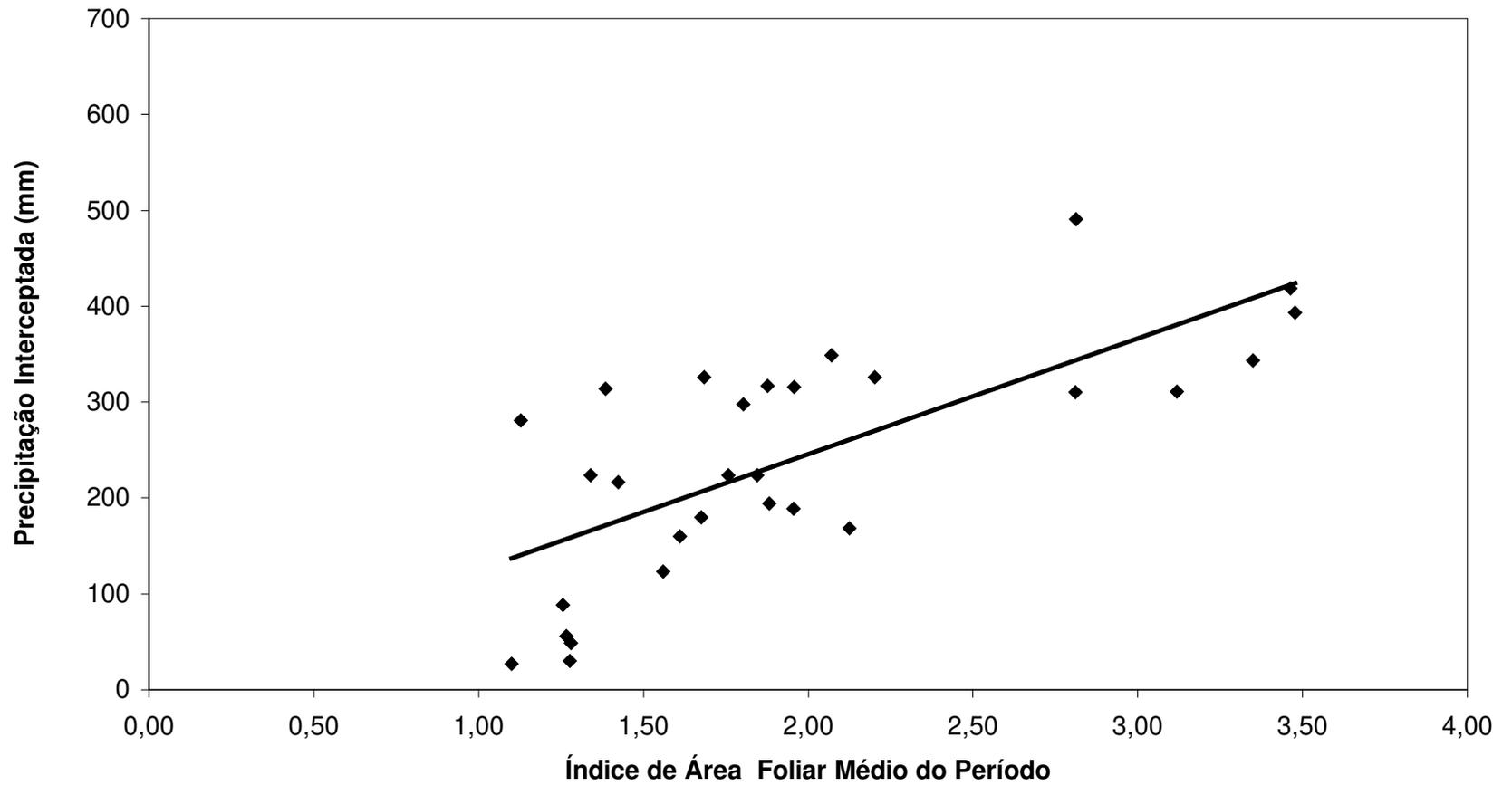


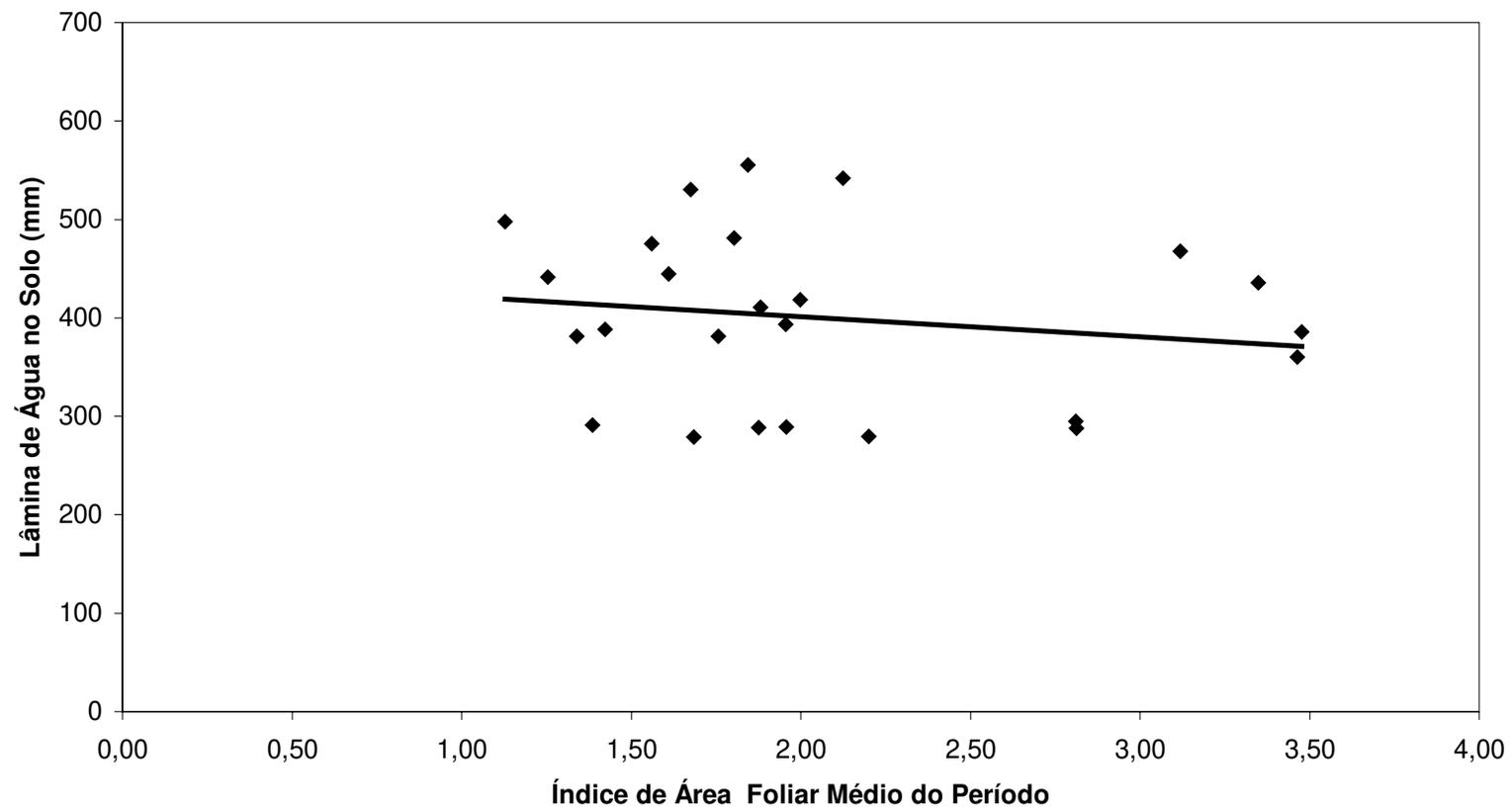
Figura 14: Distribuição espacial do índice de área foliar período 19 e 20/07/1999



**Figura 15 - VARIAÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR AO LONGO DO TEMPO – CALHAS 1, 2, 3 E 4**



**Figura 16 - VARIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA TOTAL DAS CALHA CONFORME O ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR MÉDIO**



**Figura 17 - VARIAÇÃO ENTRE AS CALHAS DA LÂMINA TOTAL DE ÁGUA NO SOLO CONFORME O ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR MÉDIO DO PERÍODO**

A variação percentual da lâmina de água no solo e da precipitação interceptada conforme a evolução do IAF, para cada calha isolada, é mostrada no exemplo da Figura 18. Foram consideradas as porcentagens médias de água no solo e de precipitação interceptada ocorridas entre os dias de medida do IAF. Figuras semelhantes para as demais calhas encontram-se no Apêndice E.

Para estabelecer um modelo matemático que caracterize o processo de interceptação de chuvas na cultura de cana-de-açúcar, foram obtidas regressões lineares que relacionam a lâmina de água no solo diária à precipitação incidente diária. A Figura 19 apresenta o modelo encontrado para calha 1, os das outras calhas encontram-se no Apêndice F. Um modelo do mesmo tipo foi estabelecido, considerando todo o conjunto de calhas (Figura 20).

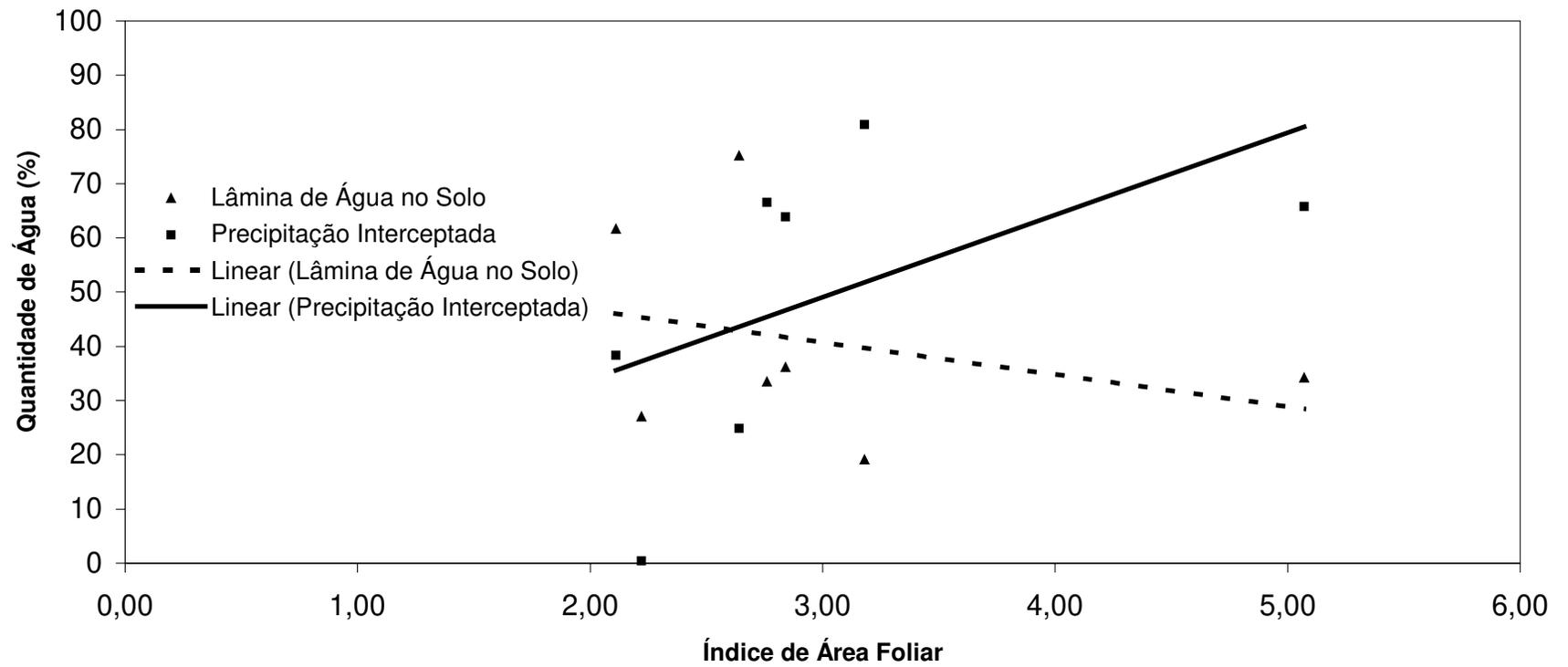
A Tabela 3 mostra as equações, coeficientes angulares (a), lineares (b) e de determinação ( $R^2$ ) encontrados para cada calha.

Para atingir um dos objetivos desse estudo, propor um modelo matemático que relacione a quantidade de precipitação interceptada à estrutura e ao grau de desenvolvimento da cultura, foram definidas classes de IAF baseadas no IAF médio das calhas. Cada classe é representada por um intervalo fechado à esquerda e aberto à direita, e agrupa um determinado número de calhas conforme a Tabela 4.

Para cada classe foi determinado, por meio de regressão linear, um modelo que relaciona a lâmina de água no solo à precipitação incidente. A Figura 21 apresenta o modelo obtido para a classe 8 de IAF. A Tabela 5 traz os valores da média do IAF do intervalo representativo de cada classe, assim como os modelos lineares e seus respectivos coeficientes linear (a), angular (b) e de determinação ( $R^2$ ). As figuras ilustrativas dos modelos obtidos para as demais classes de IAF constam no Apêndice G.

Com os dados da Tabela 5 foi encontrada a relação entre o coeficiente angular (a) e o IAF médio de cada intervalo de classe de IAF (Figura 22). O modelo proposto relaciona o coeficiente angular das classes de IAF aos valores de Índice de Área Foliar. Quanto ao coeficiente linear, este foi considerado a média dos valores obtidos para cada classe de IAF.

A sistemática do modelo é a seguinte: determinação do IAF da cultura (cana-de-açúcar); determinação do coeficiente angular, a partir da Figura 22; considerar o valor médio do coeficiente linear encontrado no presente estudo. De posse destes dados, para entrar no modelo necessita-se dos valores de precipitação incidente diária, obtendo os valores diários de lâmina de água no solo. A precipitação interceptada é a diferença entre a precipitação incidente e a lâmina de água no solo.



**Figura 18 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA MÉDIA NO SOLO E DA PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA MÉDIA EM RELAÇÃO À EVOLUÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR AO LONGO DO TEMPO – CALHA 1**

**Tabela 3 – Modelo linear, coeficiente angular (a), coeficiente linear (b) e coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) para cada calha**

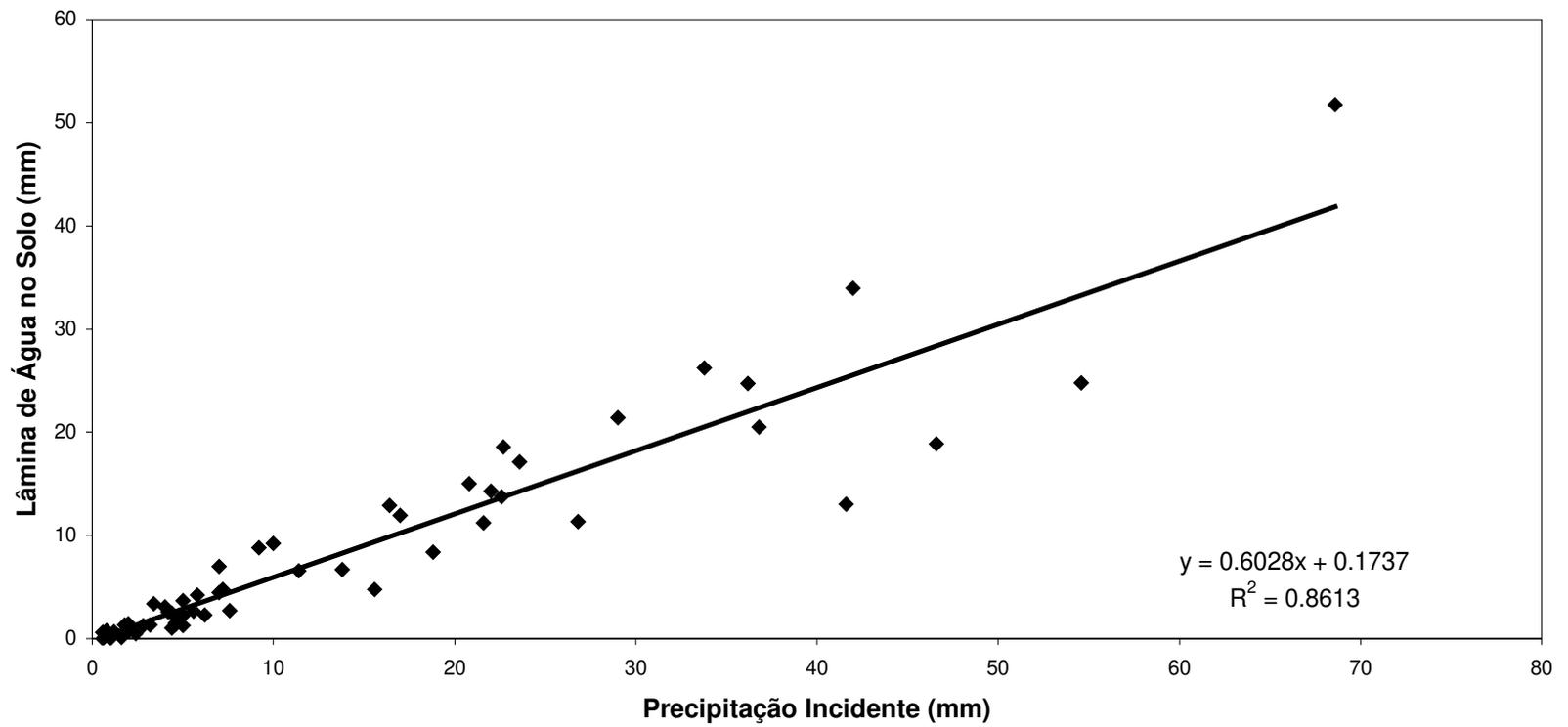
<b>Calha</b>	<b>Equação</b>	<b>a (mm/mm)</b>	<b>b (mm)</b>	<b>R2</b>
1	$P_L = 0,60P_1 + 0,17$	0,60	0,17	0,86
2	$P_L = 0,48 P_1 + 1,05$	0,48	1,05	0,80
3	$P_L = 0,79 P_1 - 0,10$	0,79	-0,10	0,90
4	$P_L = 0,55 P_1 + 1,09$	0,55	1,09	0,87
5	$P_L = 0,48 P_1 + 2,41$	0,48	2,41	0,70
6	$P_L = 0,70 P_1 + 0,43$	0,70	0,43	0,93
7	$P_L = 0,81 P_1 + 0,45$	0,81	0,45	0,84
8	$P_L = 0,40 P_1 - 0,33$	0,40	-0,33	0,86
9	$P_L = 0,60 P_1 - 0,50$	0,60	-0,50	0,88
10	$P_L = 0,49 P_1 - 0,44$	0,49	-0,44	0,90
11	$P_L = 0,52 P_1 - 0,30$	0,52	-0,30	0,89
12	$P_L = 0,50 P_1 - 0,15$	0,50	-0,15	0,93
13	$P_L = 0,45 P_1 + 0,41$	0,45	0,41	0,96
14	$P_L = 0,83 P_1 - 1,01$	0,83	-1,01	0,97
15	$P_L = 0,84 P_1 - 1,60$	0,84	-1,60	0,96
16	$P_L = 0,54 P_1 - 0,62$	0,54	-0,62	0,93
17	$P_L = 0,63 P_1 - 0,91$	0,63	-0,91	0,98
18	$P_L = 0,64 P_1 - 0,20$	0,64	-0,20	0,94
19	$P_L = 0,46 P_1 + 0,07$	0,46	0,07	0,87
20	$P_L = 0,64 P_1 - 0,05$	0,64	-0,05	0,93
21	$P_L = 0,51 P_1 - 0,48$	0,51	-0,47	0,91
22	$P_L = 0,47 P_1 - 0,08$	0,47	-0,08	0,95
23	$P_L = 0,46 P_1 + 0,21$	0,46	0,21	0,94
24	$P_L = 0,64 P_1 + 0,47$	0,65	0,47	0,97
25	$P_L = 0,67 P_1 + 0,93$	0,67	0,89	0,95
26	$P_L = 0,58 P_1 + 0,82$	0,58	0,73	0,93
27	$P_L = 0,65 P_1 + 0,38$	0,65	0,38	0,95
28	$P_L = 0,78 P_1 + 0,19$	0,78	0,19	0,98
29	$P_L = 0,83 P_1 + 0,03$	0,83	0,03	0,98

**Tabela 4 – Classes de IAF, intervalo das classes, calhas pertencentes a cada classe**

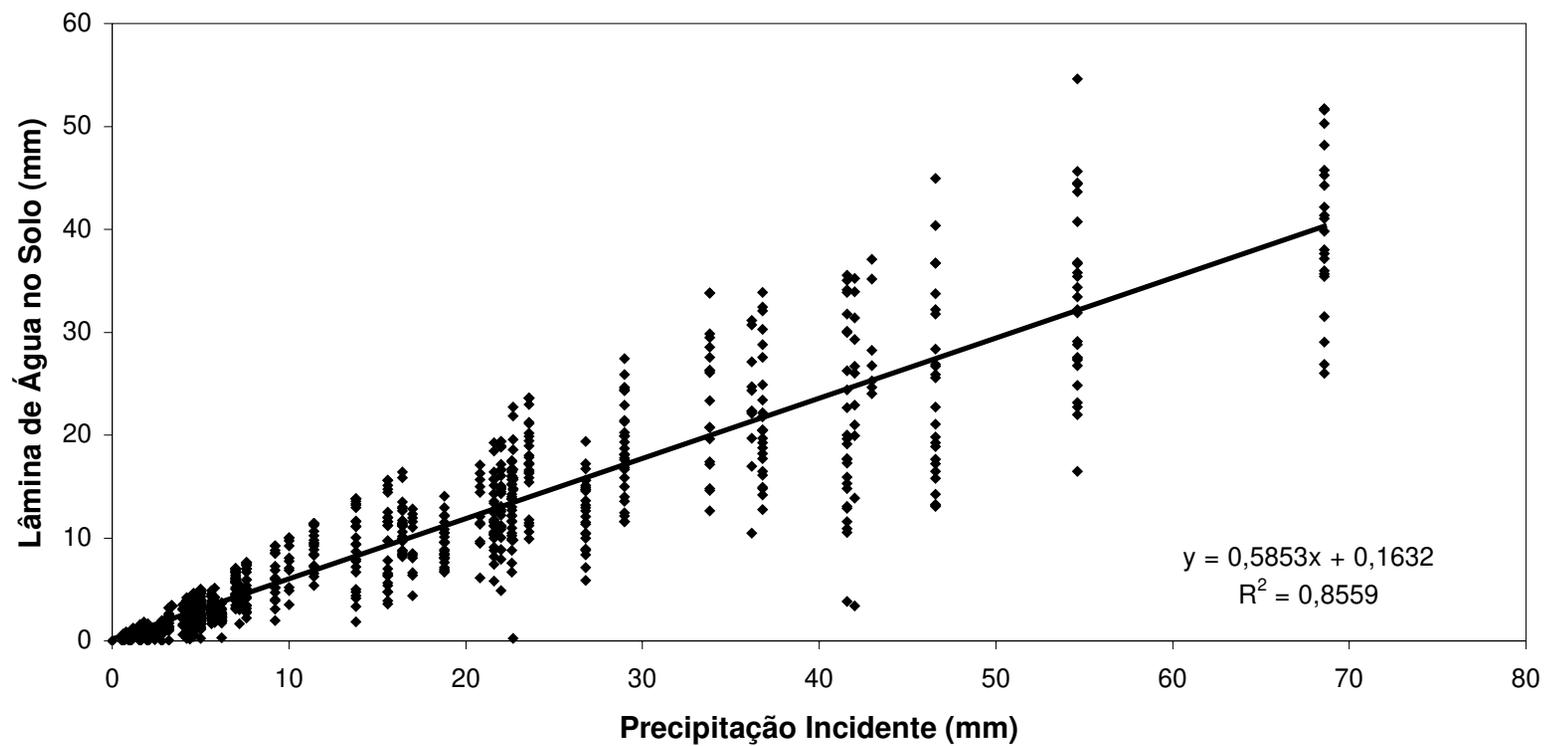
Classes de IAF	Intervalo	Calhas pertencentes à classe
1	3,5 - 3,2	9, 10, 11
2	3,2 - 2,9	1
3	2,9 - 2,6	8, 12
4	2,6 - 2,3	nenhuma
5	2,3 - 2,0	2, 7, 19
6	2,0 - 1,7	4, 6, 21, 23, 24, 26, 27
7	1,7 - 1,4	3, 20, 22, 25, 28
8	1,4 - 1,1	5, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 29

**Tabela 5 – Modelos lineares, IAF médio do intervalo, coeficientes linear (a), angular (b) e de determinação ( $R^2$ ) para as classes de IAF**

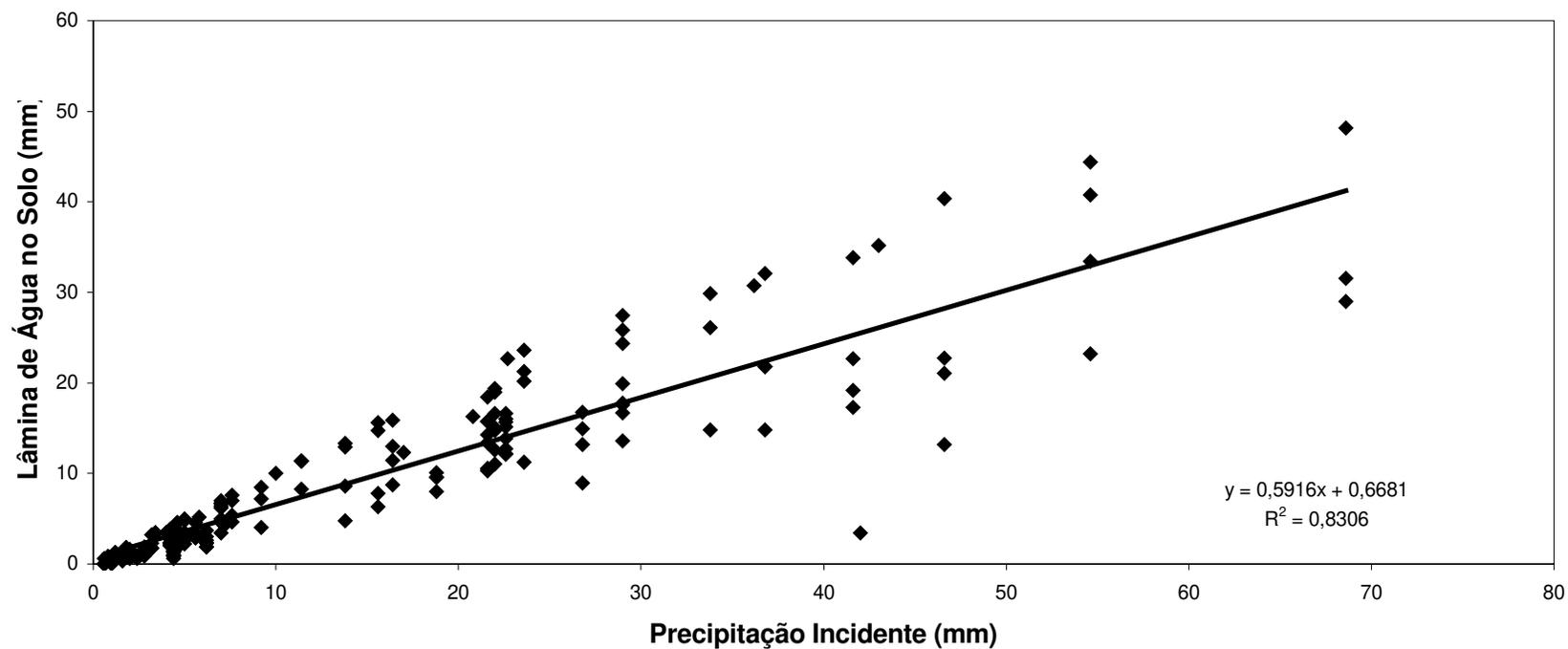
Classes de IAF	IAF Médio	Modelo Linear	a	b	R2
1	3,35	$P_L = 0,53P_1 - 0,41$	0,53	-0,41	0,88
2	3,05	$P_L = 0,61 P_1 - 0,16$	0,61	-0,16	0,88
3	2,75	$P_L = 0,44 P_1 - 0,32$	0,44	-0,32	0,88
4	2,45				
5	2,15	$P_L = 0,57 P_1 + 0,39$	0,57	0,39	0,80
6	1,85	$P_L = 0,59 P_1 + 0,29$	0,59	0,29	0,90
7	1,55	$P_L = 0,67 P_1 + 0,21$	0,67	0,21	0,91
8	1,30	$P_L = 0,59 P_1 + 0,67$	0,59	0,67	0,83
		<b>Valores Médios</b>	<b>0,57</b>	<b>0,10</b>	<b>0,87</b>



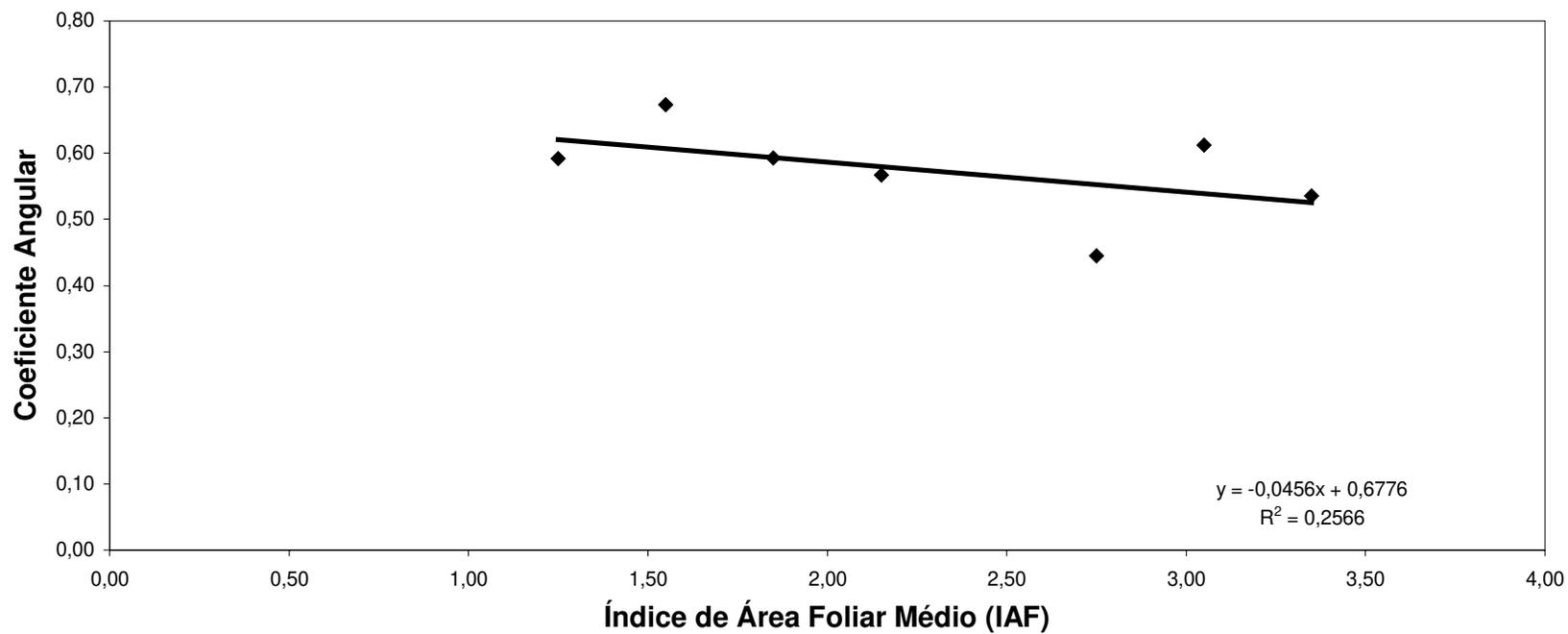
**Figura 19 - VARIAÇÃO DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO CONFORME A PRECIPITAÇÃO INCIDENTE - Calha 1**



**Figura 20 - VARIAÇÃO DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO CONFORME A PRECIPITAÇÃO INCIDENTE –  
MODELO LINEAR PARA O CONJUNTO DE CALHAS**



**Figura 21 - VARIAÇÃO DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO CONFORME A PRECIPITAÇÃO INCIDENTE PARA ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR ENTRE 1,4 E 1,2 - Calhas Pertencentes à classe 8: 5, 14, 13, 15, 16,17, 18, 29**



**Figura 22 - RELAÇÃO ENTRE O COEFICIENTE ANGULAR E O ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR MÉDIO DE CADA CLASSE**

## VI - DISCUSSÃO

### 6.1. Precipitação incidente

No período de análise (05/02/99 a 20/12/99) a precipitação total incidente foi de 886,5 mm. A Tabela 6 mostra os valores totais de precipitação incidente do período de fevereiro a dezembro, referentes às series anuais dos anos de 1989 a 1998 do Posto Meteorológico da Faculdade de Engenharia Agrícola.

**Tabela 6 – Precipitação incidente total do período de fevereiro a dezembro do ano de 1989 ao ano de 1998**

<b>Ano</b>	<b>Precipitação Incidente (mm)</b>
1989	979,8
1990	1029,3
1991	1313,9
1992	1302,5
1993	1269,4
1994	1019,0
1995	1413,6
1996	1329,0
1997	1156,2
1998	1381,5
<b>Valor Médio</b>	<b>1219,4</b>

O valor de precipitação incidente registrado no período de estudo é 27,3% menor que a média dos dez anos anteriores. Analisando a série anual, constatou-se que o valor de 886,5mm foi superado em todos os anos. Este fato é atribuído ao período de estiagem agrícola do ano de 1999, caracterizada por dois períodos, de 08/05 a 12/06 e de 22/06 a 08/09, com 36 e 79 dias respectivamente, totalizando 115 dias sem ocorrência de chuva.

### 6.2. Precipitação interceptada e lâmina de água no solo

A precipitação interceptada total média para o período de estudo representou 39,5% da precipitação incidente, o que equivale a 239,5mm de água enquanto que a lâmina de água total média no solo atingiu 60,5% (354,8mm). A Figura 10 apresenta a variação percentual da

precipitação interceptada e da lâmina de água no solo entre as 29 calhas coletoras. A variabilidade desses valores é atribuída às diferenças nas condições da estrutura vegetal sobre cada calha (SCATENA, 1990; LOUSTAU *et al.*, 1992a; LOUSTAU *et al.*, 1992b; ASDAK *et al.*, 1998; WENEKLASS e VAN EK, 1990). A caracterização das medidas de campo ao longo do período de experimentação para uma calha isolada (calha 1) pode ser observada na Figura 11.

A Figura 11 indica eventos de precipitação incidente de grande variabilidade: inferiores a 5mm e superiores a 60mm. Também se pode notar casos onde se tem precipitação interceptada superior à lâmina de água no solo, e casos onde ocorre o contrário. O mesmo comportamento pode ser constatado nas outras calhas (Apêndice B). Este fato pode ser explicado não apenas pelas condições da estrutura da vegetação, mas também pelas características da precipitação incidente, intensidade e duração (TUCCI, 1993; CHOW, 1992). Um volume maior de água por tempo acarreta em uma maior quantidade de água chegando ao solo uma vez que, a capacidade de armazenamento da vegetação é limitada (TUCCI, 1993; CHOW, 1992). Já a duração da chuva fornece a indicação de quanto tempo a água ficou disponível para a evaporação. LLORENS *et al.* (1997); COSTA *et al.* (1995); LOUSTAU (1992b); WONFRAM *et al.* (1992); RAO (1987); LUCHIARI (1989); SCHULZE *et al.* (1978), salientam a importância da intensidade e duração da precipitação para o processo de interceptação de chuvas.

Comparando as calhas percebe-se que a calha 29 foi a que menos água interceptou, 16,7% (88,7mm). O valor interceptado pela calha 29 é 57,7% menor que a média de interceptação das calhas. A calha 8 foi a que mais água interceptou, 63% (490,8mm), valor que superou a média em 59,5%. As diferenças nas quantidades interceptadas entre as calhas são advindas, principalmente, das desigualdades na cobertura vegetal representativa de cada calha. Tais desigualdades se devem, em especial, à quantidade de folhas sobre cada calha, como ilustrado na Figura 12 e na Tabela 2. O Índice de Área Foliar (IAF) médio das calhas foi obtido a partir do valor médio de IAF do período de medida de cada calha.

A calha 11 apresentou maior IAF médio (3,48) enquanto que a calha 14, o menor (1,10). A variação do IAF entre as calhas deve-se à grande variabilidade do IAF na parcela de estudo, o que pode ser verificado na Figura 14 onde é apresentada a carta de distribuição de IAF da área experimental para os dias 19 e 20/07/99. Observa-se que o IAF na parcela varia de 2,00 a 5,00. Além da variabilidade espacial do IAF pode-se acompanhar a evolução do IAF da parcela ao longo do período de estudo por meio das figuras do Apêndice D.

A Figura 15 apresenta a variação do IAF durante o período de análise para as calhas 1, 2, 3 e 4, onde é verificado um aumento do IAF em função do desenvolvimento da cultura. Cabe

ressaltar que tal aumento ocorre de maneira diferente para cada calha, o que pode ser constatado nas figuras do Apêndice C.

VIEIRA (1982) constatou que 24% da precipitação incidente, durante seu período de estudo (25/09/81 a 30/03/82), foi interceptado pela cultura de cana-de-açúcar. Em 6 meses de amostragem a precipitação total incidente foi de 1139,5mm, o que resulta em uma estimativa de 189,9mm de chuva por mês. O presente trabalho encontrou 39,5% de precipitação interceptada. o período de coleta foi maior (fevereiro a dezembro de 1999) porém, a precipitação incidente foi menor (886,5mm) fazendo com que a estimativa mensal seja de 80,6mm. BUTLER e HUBAND (1985) pesquisaram a interceptação de chuvas em uma plantação de trigo e concluíram que 44% da precipitação incidente foram interceptados. Já LEUNING *et al.* (1994) constaram uma perda por interceptação de 33% em um campo de trigo. MIRANDA e BUTLER (1986) calcularam que 15% da precipitação incidente sobre uma área cultivada com maçãs, foi interceptado. RAO (1987), em seu estudo com caju, quantificou 31% de perda por interceptação. LUCHIARI (1989) trabalhando com citrus, observou uma perda por interceptação de 17% da precipitação incidente. Em uma plantação de cacau, a perda por interceptação foi de 44% (MIRANDA, 1994). SILVA *et al.* (1994) estimaram que 32% da precipitação incidente foi interceptado em uma plantação de milho.

### **6.3. Modelo matemático**

A Tabela 3 apresenta as equações do modelo obtido para cada uma das calhas. Os coeficientes angulares (a) variam de 0,46 a 0,84 mm/mm e os coeficientes lineares (b), de - 0,91 a 2,41mm. O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) oscilou de 0,70 a 0,98 sendo que, das 29 calhas, 3 apresentaram  $R^2$  inferior a 0,85 e 20,  $R^2$  superior a 0,90, ou seja, 89,6% das calhas apresentam coeficiente de determinação acima de 0,90, o que demonstra que o modelo linear se adapta satisfatoriamente aos dados obtidos. A Figura 19 exhibe a relação entre lâmina de água no solo e precipitação incidente, assim como o modelo obtido para a calha 1. No Apêndice F encontram-se as figuras referentes as demais calhas.

Na Figura 20 pode-se observar a relação entre lâmina de água no solo e precipitação incidente quando são consideradas todas as calhas juntas. Nota-se que há uma grande variabilidade na quantidade de lâmina de água que atinge o solo, o que é função das características da cobertura vegetal presente sobre cada calha. Para cada chuva incidente tem-se uma faixa de valores de lâmina de água no solo. Por exemplo, para precipitação incidente acima

de 30mm as faixas podem variar de 20 a 25mm de água. Por esse motivo, agrupou-se as calhas em classes de IAF.

A Tabela 4 apresenta as oito classes de IAF estabelecidas e, percebe-se que as classes que agregam maior número de calhas são as que apresentam IAF inferior a 2,0 (19 calhas). O modelo aplicado para cada classe é exemplificado na Figura 21 onde estão agrupadas as calhas referentes à classe 5. As figuras do Apêndice G mostram os modelos obtidos para as outras classes de IAF. É importante notar que o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) não aumenta, pelo contrário, diminui, quando se agrupam as calhas, mesmo trabalhando com pequenos intervalos (0,3) de IAF. O menor coeficiente de determinação encontrado para os modelos aplicados às classes de IAF é 0,80 e o maior, não excede 0,91. O coeficiente angular ( $a$ ) varia de 0,44 a 0,67mm/mm, sendo que 4 classes apresentam valores superiores a média (0,57). Já o coeficiente linear variou de -0,41 a 0,67mm e apresentou valor médio de 0,10.

Vários autores também fizeram uso do modelo linear relacionado a quantidade de água que atinge o solo à precipitação incidente, para estudar o processo de interceptação de chuvas. O coeficiente angular do modelo de LEONARD (1961), para floresta de madeira de lei, é 0,90 (57,9% superior a 0,57). Nos modelos de LIMA (1976), o coeficiente angular é de 0,89 para eucalipto e 0,94 para pinus, valores 56,1% e 64,9% superiores a 0,57, respectivamente. ROWE (1979) propõem dois modelos para florestas, um para o verão e outro para o inverno, cujos valores do coeficiente angular são 0,75 e 0,78, respectivamente. No modelo de RAO (1987) para cultura de caju, o coeficiente angular encontrado foi 0,75 quando se trabalha com precipitações acima de 1,5mm e, 0,39 para precipitações menores que 1,0mm, valores que estão respectivamente, 31,6% acima e 31,7% abaixo do valor médio estabelecido no presente estudo. O modelo apresentado por LUCHIARI (1989) para citros tem coeficiente angular de 0,85 (41,1% acima de 0,57). O modelo estabelecido para cobertura florestal amazônica tipo terra firme, válido para precipitações incidentes variando de 4 a 165mm, tem coeficiente angular igual a 0,80 (WOLFRAM *et al.*, 1992), valor que está 40,4% acima de 0,57. Pesquisando cobertura vegetal composta de mata natural secundária, CASTRO (1993) propôs um modelo cujo coeficiente angular é de 0,92 (61,4% maior que 0,57). O coeficiente angular do modelo proposto por FUJIEDA *et al.* (1997), para floresta subtropical, tem valor de 0,84, sendo 47,4% superior a 0,57. ASDAK *et al.* (1998) estabeleceram modelos para diferentes condições da cobertura vegetal florestal - cobertura fechada, cobertura parcial e cobertura com brechas, os coeficientes angulares obtidos são, 0,83, 0,93 e 1,01, respectivamente. Nota-se que os valores do coeficiente angular dos

modelos citados são superiores ao valor médio obtido para o modelo proposto para cana-de-açúcar, com exceção do modelo para caju, com precipitação incidente inferior a 1,0mm.

Para relacionar o coeficiente angular ( $a$ ) ao IAF foi elaborado o gráfico da Figura 22. Percebe-se nesta figura que há um ponto distante da reta de regressão o qual é referente à classe 3 de IAF (2,9 a 2,6). Essa classe reúne apenas duas calhas (8 e 12) sendo que a calha 8 é a que mais água intercepta apresentando uma situação muito particular no que diz respeito à cobertura vegetal. Assim, a estrutura vegetal é um fator tão importante quanto o IAF. Portanto, a calha 8 influencia por demais o modelo encontrado para a classe 3 e, conseqüentemente, influencia a relação entre o coeficiente angular e o IAF. Por este fato tem-se um coeficiente de determinação baixo, o que não caracteriza motivo para a não utilização do modelo proposto.

## VII – CONCLUSÃO

É de grande importância o estudo da interceptação de chuvas sobre coberturas vegetais devido ao seu impacto no balanço hídrico de pequenas áreas bem como de bacias hidrográficas, conforme verificado na Revisão da Literatura. Os valores de perda por interceptação podem variar de 6 a 62% da precipitação incidente, sendo que a variabilidade da precipitação interceptada depende de características da vegetação como a estrutura e, em especial, o Índice de Área Foliar (IAF).

O presente estudo mostrou a importância de considerar o processo de interceptação de chuvas em bacias hidrográficas cultivadas com cana-de-açúcar. No período de fevereiro a dezembro de 1999, a perda média por interceptação variou de 16 a 63% da precipitação incidente sobre as calhas coletoras. A variabilidade apresentada ao longo do período é função do grau de desenvolvimento da cultura e da estrutura da precipitação.

Como foram analisados intervalos entre chuvas de 24 horas ou mais, não foi considerada a estrutura da precipitação. Porém, é recomendado que estudos futuros utilizem intervalos menores de medida de lâmina de água no solo, caracterizando a estrutura da chuva (intensidade e duração).

É proposto que se relacione perda de água por interceptação aos dados de clima (evaporação da água armazenada na vegetação) para que se tenha uma melhor avaliação da interceptação de chuvas na cobertura vegetal (cana-de-açúcar). Pesquisas com outras variedades de cana-de-açúcar também seriam interessantes, apesar de acreditar-se que não ocorrerá excessiva variação dos valores de precipitação interceptada uma vez que a estrutura vegetal não apresenta grandes alterações entre variedades.

O modelo aplicado (linear) é relativamente simples e válido para valores de duração de chuva incidente diários ou superiores. Para intervalo de tempo inferior a 24 horas, o modelo linear não é adequado. Modelos mais complexos como os de RUTTER *et al.* (1975), GASH (1979), MULDER (1982) e TEIXEIRA FILHO (1995) podem ser utilizados para pesquisa com cana-de-açúcar a fim de efetuar comparações. Os resultados obtidos por meio do modelo linear são importantes para estudos de espacialização em recursos hídricos, associando a distribuição espacial da chuva à distribuição espacial da cobertura vegetal (IAF).

Investigações acerca dos recursos hídricos são, atualmente, de suma relevância para conhecer o mecanismo e a dinâmica da água no meio físico, em face à escassez temporal e espacial deste recurso e à utilização e demandas crescentes da sociedade moderna.

### VIII - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁGUA. **Globo Repórter**, Rio de Janeiro: Rede Globo, 14 de janeiro de 2000. Programa de Tv.

ASDAK, C., JARVIS, P. G., VAN GARDINGEN, P., *et al.* Rainfall interception loss in unlogged and logged forest areas of Central Kalimantan, Indonesia. **Journal of Hydrology**, v. 206, p.237 – 244, 1998.

ASTON, A. R. Rainfall interception by eight small trees. **Journal of Hydrology**, v. 42, p.383 - 396, 1979.

BADHWAR G.D., MCDONALD R.B., MEHTA N.C. Satellite derived leaf area index and vegetation maps as input to global cycle models. A hierarchical approach. **Journal Remote Sensing**, v.7, p.265-281, 1986.

BLACKBURN, F. **Sugar cane**. Longman, New York. 1984. 414 p.

BRITO, T. L.. **Pequena história do açúcar no Brasil**. Recife, 1949.

BULL, T. A., GLASZIOU, K. T. Sugar cane. In: EVANS, L.T. (ed.). **Crop physiology: some case histories**. Cambridge, University Press, 1975. p. 51-72.

BUTLER, D. R., HUBAND, N. D. S. Throughfall e stemflow in wheat. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 35, p.329 – 338, 1985.

BUTLER, D. R., KING, S.C. An inexpensive balance for measuring throughfall in cereals. **Agricultural Meteorology**, v. 27, p.233 – 240, 1982.

- CALDER, I. R. A model of transpiration and interception loss from a spruce forest in Plynlimon, central Wales. **Journal of Hydrology**, v. 33, p. 247 - 265, 1977.
- CAMPINAS. Prefeitura Municipal De Campinas. Capturado em 07/01/2000. Online. Disponível na internet <http://www.campinet.sp.gov.br/infocida.htm>.
- CASTRO, P. S. Influência das florestas nativas no ciclo hidrológico na região de Viçosa, MG. In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, 11, 1985, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 1985. p. 14 –22.
- CHANG, J. **Climate and agriculture: an ecological survey**. Chicago: Aldine, 1968. 304 p.
- CHOW, VEN TE. **Applied Hydrology**. Mc Grow Hill, 1992. 372 p.
- CICCO, V., EMMERICH, W., FARIA, A J., *et al.* Projeto de pesquisas hidrográficas em floresta natural na reserva estadual de Cunha - determinação do balanço hídrico. In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, 11, 1985, Curitiba. **Anais...** Curitiba,1985. P. 135 – 142.
- CONDE, J. A cana de açúcar na vida brasileira. **Coleção Canavieira**, Rio de Janeiro, n. 7, 1971.
- COPERSUCAR. Capturado em 07 de janeiro de 1999. Online. Disponível na internet <http://www.copersucar.com.br/produção/álcool>.
- COSTA, J. P. R., MORAES, J. C., ROCHA, E. J. P. Estimativa da interceptação em floresta tropical úmida Amazônica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 9, 1995, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande,1995. p. 170 - 172.

CUNHA, L. V., GONÇALVES, A. S., FIGUEIREDO, V. A. *et al.* **A gestão da água - Princípios fundamentais e sua aplicação em Portugal.** Lisboa, Portugal: Fundação Calouste Gulbenkian, 1980. 697p. p.7 – 44.

DE CARLI, G. **História contemporânea do açúcar.** Edição do Instituto do Açúcar e Alcool, 1940.

DOLMAN, A. J. Summer and winter rainfall interception in as oak forest. Predictions with an analytical and a numerical simulation model. **Journal of Hydrology**, v.90, p. 1 – 9, 1987.

FORD, E. D., DEANS, J. D. The effects of canopy structure on stemflow, throughfall and interception loss in a young *Sitka spruce* plantation. **Journal of Applied Ecology**, v. 15, n. 3, p. 905 -917, 1978.

FRANKEN, W., LEOPOLDO, P. R., MATSUI, E., *et al.* Estudo da interceptação da água da chuva em cobertura florestal do tipo terra firme. **Acta Amazônica**, v. 12, n. 2, p. 327 – 331, 1992.

FREITAS, M. A. V. (Org.). **O estado das águas no Brasil – Perspectivas de gestão e informação de recursos hídricos** Brasília, DF: ANEEL, SIH, MMA, SRH, MME, 1998. 334 p.

FUJIEDA, M., KUDOH, T., CICCIO, V., CALVARCHO, J. L. Hydrological processes at two subtropical forest catchments: the Serra do Mar, São Paulo, Brazil. **Journal of Hydrology**, v. 196, p. 26 – 46, 1997.

GASH, J. H. C. An analytical model of rainfall interception by forests. **Q. J. R. Meteorol. Soc.**, v. 105, p. 45 – 55, 1979.

GIACOMIN, A., TRUCCHI, P. Rainfall interception in a beech coppice (Acquerino, Italy). **Journal of Hydrology**, v.137, p. 141 – 147, 1992.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Departamento de Águas e Energia Elétrica, Secretaria de obras. **Águas e energia elétrica**, ano 4, n. 12, 1987.

HERWITZ, S. R., SLYE, R. E. Three-dimensional modeling of canopy tree interception of wind-driven rainfall. **Journal of Hydrology**, v. 168, p. 205 – 226, 1995.

HELVEY, J.D. e PATRIC, J. H. Desing criteria for interception studies. **International Association Science Hydrology**. Extract., v. 67, p.131 – 137, 1965.

HESKETH, J., BAKER, D. **Light and carbon assimilation by plants communities**. **Crop Science**, v. 7, p. 285-93, 1967.

HUMBERT, R.P. **The growing of sugar cane**. Amsterdam: Elsevier, 1968. 779p.

HUTJES, R. W. A., WIERDA, A., VEEN, A. W. L. Rainfall interception in the Tai forest, Ivory Coast: Application of two simulation models to a humid tropical system. **Journal of Hydrology**, v.114, p. 259 – 275, 1990.

INSTITUTO DO AÇÚCAR E ÁLCOOL. Brasil / Açúcar. **Coleção Açucareira**, Rio de Janeiro, v. 8, 1972.

IRVINE, J.E. Sugarcane. In: SYMPOSIUM ON POTENTIAL PRODUCTIVITY OF FIELD CROPS UNDER DIFFERENT ENVIRONMENTS, 1980, Los Baños. **Anais...** Los Baños, 1980. p. 361-81.

JOHNSON, R.C. The interception, throughfall and stemflow in a forest in Highland Scotland and the comparison with other upland forests in the U.K. **Journal of Hydrology**, v. 118, p. 281 – 287, 1990.

KELLIHER, F. M., WHITEHEAD, D., POLLOCK, D.S. Rainfall interception by trees and slash in a young *Pinus radiata* D. Don stand. **Journal of Hydrology**, v.131, p. 187 – 204, 1992.

- KLAASSEN, W., LANKREIJER, H. J. M., *et al.* Rainfall interception near a forest edge. **Journal of Hydrology**, v. 185, p.349 – 361, 1996.
- LANKREIJER, H.J.M., HENDRIKS, M.J., KLAASSEN,W. A comparison of the models simulating rainfall interception of the forests. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 64, p. 187 – 199, 1993.
- LEME, E. J. A.; MANIERO, M. A.; GUIDOLIN, J. C. Estimativa da área foliar da cana-de-açúcar e sua relação com a produtividade. **Cadernos PLANALSUCAR**, Piracicaba, v. 2, p. 3-9, mar. 1984.
- LEONARD, R. E. Net precipitation in a northern hardwood forest. **Journal of Geophysical Research**, v.66, n. 8, p. 2417 – 2421, ago. 1961.
- LEUNING, R., CONDON, A. G., DUNIN, F. X. *et al.* Rainfall interception and evaporation from soil below a wheat canopy. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 67, p.221 – 238, 1994.
- LIMA, W. P. Interceptação da chuva em povoamentos de eucalipto e de pinheiro. **IPEF**, Piracicaba, v. 13, p.75 – 90, dez., 1976.
- LLORENS, P., POCH, R., LATRON, J. *et al.* Rainfall interception by a *Pinus sylvestris* forest patch overgrown in a Mediterranean mountainous abandoned area. I. Monitoring design and results down to the event scale. **Journal of Hydrology**, v. 199, p.331 – 345, 1997.
- LLOYD, C. R., MARQUES FILHO, A. O. Spatial variability of the throughfall and stemflow measurements in Amazonian Rainforest. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 42, p. 63 – 73, 1988.
- LOUSTAU, D., BERBIGIER, P., GRANIER, A. *et al.* Interception loss, throughfall and stemflow in a maritime pine stand. I. Variability of throughfall and stemflow beneath the pine canopy. **Journal of Hydrology**, v. 138, p.449 – 467, 1992a.

- LOUSTAU, D., BERBIGIER, P., GRANIER, A. Interception loss, throughfall and stemflow in a maritime pine stand. II. An application of Gash's analytical model of interception. **Journal of Hydrology**, v.138, p. 469 – 485, 1992b.
- LUCARELLI, J. R. F. **Alterações em características de um Latossolo Roxo submetido a diferentes sistemas de manejo**. Dissertação de mestrado. Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, 87p., 1997.
- LUCHIARI, D. J. F. **Estudo da repartição das chuvas em culturas de citros**. Limeira, 1989. 121p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia de Limeira, UNICAMP, 1989.
- LULU, J. **Estudo do desenvolvimento do índice de área foliar para a cultura de cana-de-açúcar (*Saccharum Officinarum spp.*)**. Relatório de Iniciação Científica – faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, jul. 1999.
- MACHADO E. C. **Um modelo matemático-fisiológico para simular o acúmulo de matéria seca na cultura de cana-de-açúcar**. Campinas, 1981. 115p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Biologia, UNICAMP, 1981.
- MACHADO, E. C., PEREIRA, A. R., FAHL, J. I. *et al.* Índices biométricos de duas variedades de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 17, n. 9, p. 1323-1329, set. 1982.
- MACHADO, E. C.; PEREIRA, A. R.; CAMARGO, M. B. P. *et al.* Relações radiométricas de uma cultura de cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v. 44, n. 1, p. 229-238, 1985.
- MACHADO, E.C. Fisiologia da produção de cana-de-açúcar. In: **PARANHOS, S.B.** (Coord.), **Cana-de-Açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987, v. I.

- MANUEL, A. **Política agrícola, eficiência e concentração na agricultura brasileira: um estudo do setor canavieiro paulista.** São Paulo: IPE / USP, 1986.
- MAPS.EXPIDIA. Capturado em 07/01/2000. Online. Disponível na internet <http://www.maps.expidia.com>.
- McLEAN, F. G., C. E., SINGH, Y. Preliminary results of net assimilation rate studies in sugarcane. **Proceedings of the International Society of Sugar Cane Technologists**, v. 13, p. 849-58, 1968.
- McMILLAN, W. D., BURGY, R. H. Interception loss from grass. **Journal of Geophysical Research**, v. 65, n. 8, p. 2389 - 2394, ago. 1960.
- MIRANDA, R. A. C., BUTLER, D. R. Interception of rainfall in a hedgerow apple orchard. **Journal of Hydrology**, v. 87, n. 245 - 253, 1986.
- MIRANDA, R. A. C. Partitioning of rainfall in a cocoa (*Theobroma cacao* Lour.) plantation. **Hydrological Processes**, v. 8, p. 351 - 358, 1994.
- MULDER, J. P. M.. Simulation interception loss using standard meteorological data. In: B. A. Hutchinson and B. B. Hicks (Editors), *The forest-atmosphere interaction*. Reidel, Dordrecht. 1985.
- NÁVAR, J., BRYAN, R. Interception loss and rainfall redistribution by three semi-arid growing shrubs in northeastern Mexico. **Journal of Hydrology**, v. 115, p. 51 – 63, 1990.
- NEMANI R., RUNNING S.W. Testing a theoretical climate-soil-leaf area hydrologic equilibrium of forest using satellite data ecosystem simulation. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 44, p. 254-260, 1989
- OLIVEIRA, J. B., ROTTA, C. L. **Levantamento pedológico semidetalhado dos solos do estado de São Paulo.** Quadricula Campinas. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 169 p.

- PEARCE, A. J., ROWE, L. K. Forest management effects on interception, evaporation, and water yield. **Journal of Hydrology**, New Zealand, v. 18, n. 2, p. 73 – 87, 1979.
- PEREIRA, F. V. Proálcool surge com crise do petróleo. **Folha de São Paulo**, São Paulo, agosto de 1999. Brasil, Paineil.
- PETERSON D. L., SPANNER M. A., RUNNING S. W., *et al.* Relation of thematic mapper simulator of leaf area index of temperate coniferous forest. **Remote Sensing of Environment**, v. 22, p. 323-341, 1987.
- PINTO, E. S. L. Cana de açúcar. **Estudos Brasileiros**, n. 22, 1965.
- RAO, S. A. Interception losses of rainfall from cashew trees. **Journal of Hydrology**, v. 90, p. 293 – 301, 1987.
- ROCHA, E. J. P, Moraes, J. C., COSTA, J. P. R. Estimativa da precipitação sob o dossel e escoamento do dossel na região de Caxiuanã. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 9, 1995, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande, 1995. p. 112 - 114.
- ROWE, L. K. Rainfall interception by a beech – podocarp - hardwood forest near Reefton, North Westland, New Zealand. **Journal of Hydrology**, New Zealand, v.18, n. 2, p. 63 - 72, 1979.
- ROWE, L. K. Rainfall interception by an evergreen beech forest, Nelson, New Zealand. **Journal of Hydrology**, v. 66, p.144 - 158, 1983.
- RUTTER, A. J. MORTON, A. J., ROBINS, P. C. A predictive model of rainfall interception by forests, II. Generalizations of the model and comparisons with observations in some coniferous and hardwood stands. **J. Appl. Ecol.**, v. 12, p.367 - 380, 1975.

- SAN JOSE, J.J. & MEDINA, E. Análisis de la productividad de caña de azúcar. I. crecimiento, desarrollo de la superficie foliar y contenido de clorofila de caña de azúcar 'PR 980'. **Turrialba**, v. 20, n. 2, p. 143-8, 1970.
- SCATENA, F. N. Watershed scale rainfall interception on two forested watersheds in the Luquillo Mountains of Puerto Rico. **Journal of Hydrology**, v. 113, p. 89 – 102, 1990.
- SCHULZE, R. E., SCOTT-SHAW, C. R., NÄNNI, U.W. Interception by Pinus Patula in relation to rainfall parameters. **Journal of Hydrology**, v. 36, p. 393 – 396, 1978.
- SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO DE SÃO PAULO.**  
Capturado em 07/01/2000. Online. Disponível na internet [www.Cati.sp.gov.br/sp\\_agricola/lupa.htm](http://www.Cati.sp.gov.br/sp_agricola/lupa.htm).
- SECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS E OBRAS. Departamento De Águas E Energia Elétrica (DAEE). **Banco de dados pluviométricos do estado de São Paulo – DAEE.** São Paulo: 1997. CD-ROM.
- SILVA, C. L. A., RAMOS, M. M., FERREIRA, P. A., et al. Modelagem da precipitação efetiva na cultura de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 6, p. 929 - 937, jun.1994.
- STEWART, J. B. Evaporation from the wet canopy of a pine forest. **Water Resources Research**, v. 13, n. 6, p. 951 – 921, 1977.
- POELS, R. L. H. Hydrology of a tropical rain forest in Suriname. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v. 37, p. 379 – 382, 1989.
- TEKLEHAIMONOT, Z., JARVIS, P. G., LEDGER, D. C. Rainfall interception and boundary layer conductance in relation to tree spacing. **Journal of Hydrology**, v.123, p. 261 – 278, 1991.

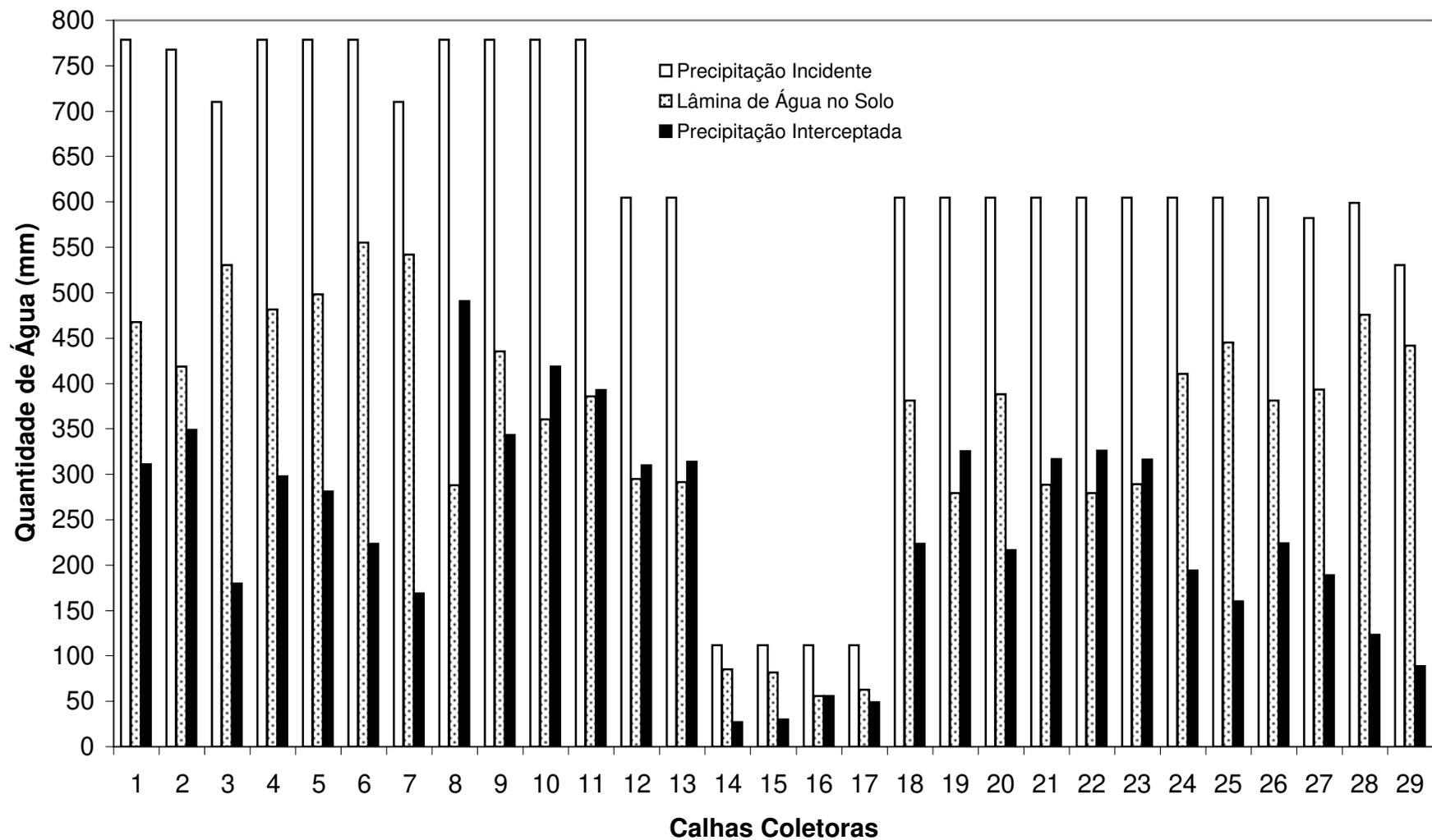
- TEIXEIRA FILHO J., RAMBAL S., LACAZE B., LOINTIER M. Mapping maximal canopy transpiration over a Mediterranean watershed. In: PROGRESS IN ENVIRONMENTAL REMOTE SENSING RESEARCH AND APPLICATION SYMPOSIUM, 15. **Proceedings of the 15th EARSeL**, p. 379-384, 1995
- TEIXEIRA FILHO J. **Analyse et modélisation du fonctionnement hydrique d'un écosystème forestier méditerranéen - Spatialisation à l'échelle du bassin versant** - Tese de Doutorado da Université de Montpellier II - Science et Technique du Languedoc, 312 p. 1995.
- TRUDA, L. **A defesa da produção açucareira - um ensaio da organização da economia brasileira**. Rio de Janeiro: Tipografia do Jornal do Comércio, 1934.
- TUCCI, C. E. M. (Org). **Hidrologia - ciência e aplicação**. Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH, 1993. p. 26 –33, 243 – 252.
- VALCARCEL, R. Balanço hídrico no ecossistema florestal e sua importância conservacionista na região ocidental dos Andes Venezuelanos. In: SEMINÁRIO SOBRE ATUALIDADES E PERSPECTIVAS FLORESTAIS, 11, 1985, Curitiba. **Anais...**Curitiba, 1985. p. 32 – 35.
- VALENTE, F., DAVID, J. S., GASH, J. H. C. Modelling interception loss for two sparse eucalypt and pine forests in central Portugal using reformulated Rutter and Gash analytical models. **Journal of Hydrology**, v. 190, p.141 – 162, 1997.
- VAN DILLEWIJN, C. **Botánica de la caña de azúcar**. Instituto del libro, 1950, 460p.
- VENEKLAAS, E. J., VAN EK, R. Rainfall interception in two tropical montane rain forests, Colombia. **Hydrological Processes**, v. 4, p. 311 – 326, 1990.
- VIEIRA, D. B. **Avaliação da interceptação hidrológica e o efeito da vinhaça em cana-de-açúcar**. Limeira, 1982. 124p. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Engenharia de Limeira, UNICAMP, 1982.

- VIVILLE, D., BIRON, P., GRANIER, A., DAMBRINE, E., PROBST, A. Interception in a mountainous declining spruce stand in the Strengbach catchment. **Journal of Hydrology**, v. 144, p. 273 – 282, 1993.
- WHELAN, M. J., ANDERSON, J. M. Modelling spatial patterns of throughfall and interception loss in a Norway spruce (*Picea abies*) plantation at the plot scale. **Journal of Hydrology**, v. 186, p. 335 – 354, 1996.
- WIEGNARD C. L., RICHARDSON A. J. Use of spectral vegetation indices to infer leaf area, evapotranspiration and yilde. **Agronomy Journal**, v. 82, p. 623-629, 1990.
- WIGMOSTA M. S., LANCE W. V., LETTENMAIER J. A distributed hydrology - vegetation model for complex terrain. **Water Resources Research**, v. 30, n. 6, p. 1665-1679, 1994.
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION – WMO. **Comprehensive Assessment of the Freshwater Resources of the World**. Geneva: WMO, 1997.
- YOON, C. N. Growth studies on sugarcane. **The Malaysian Agricultural Journal**, v. 48, n. 2, p. 47-59, 1971.

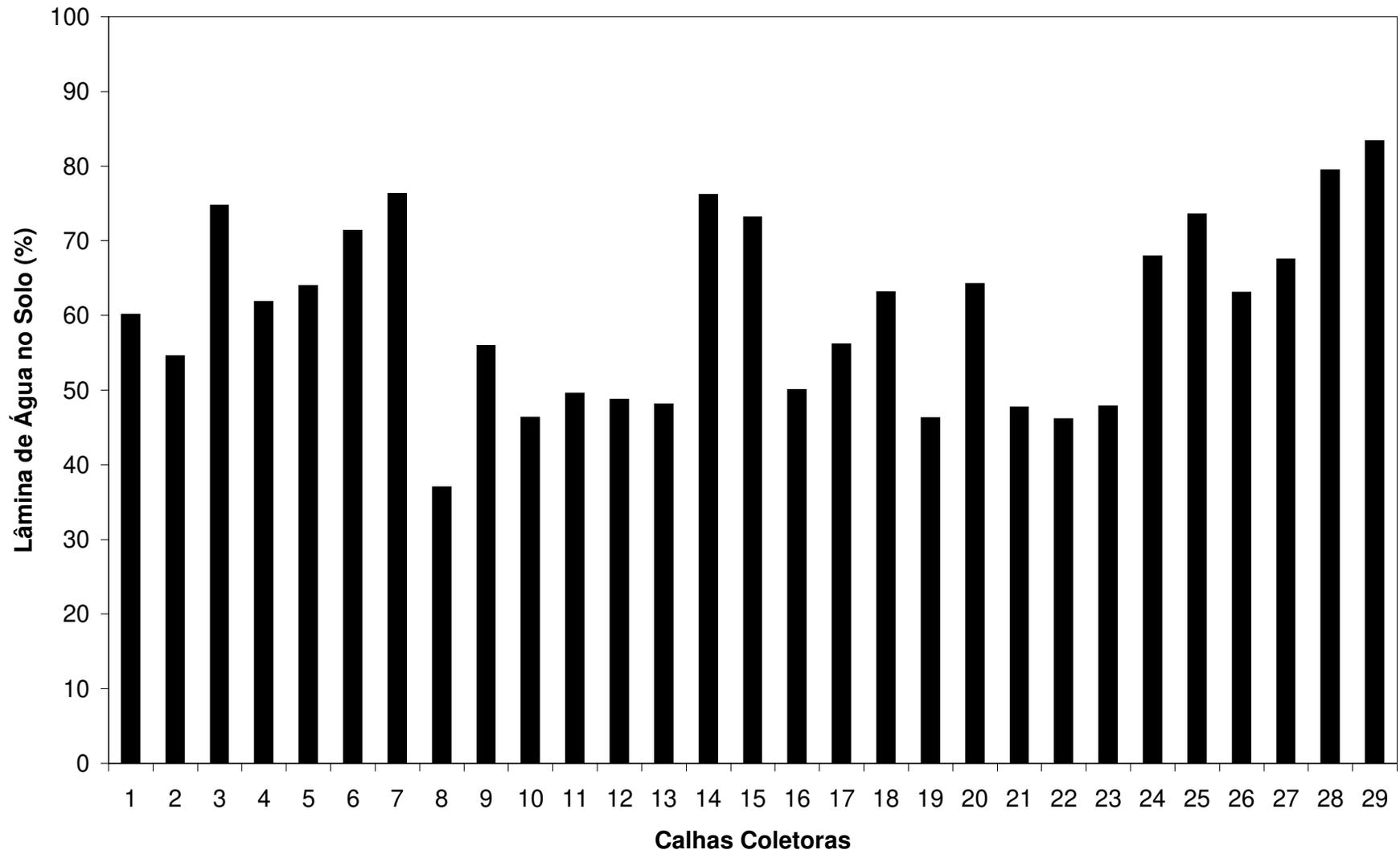
## **IX - APÊNDICES**

**9.1. APÊNDICE A**  
**Figuras A1 a A5 – PRECIPITAÇÃO INCIDENTE, LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA**

**Figura A1 - TOTAIS DE PRECIPITAÇÃO INCIDENTE, LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA**



**Figura A2 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA TOTAL NO SOLO**



**Figura A3 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DO TOTAL DE PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA**

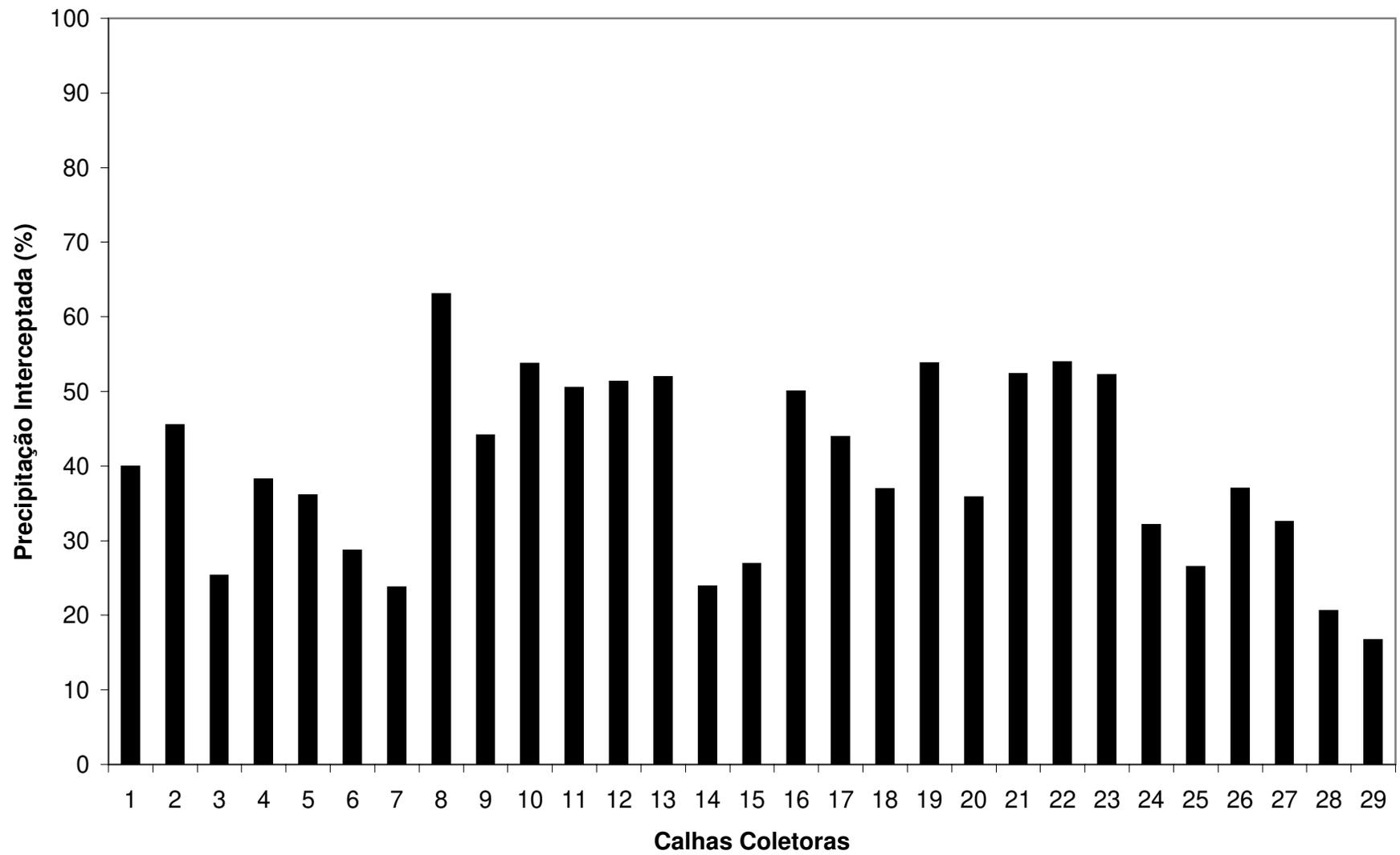
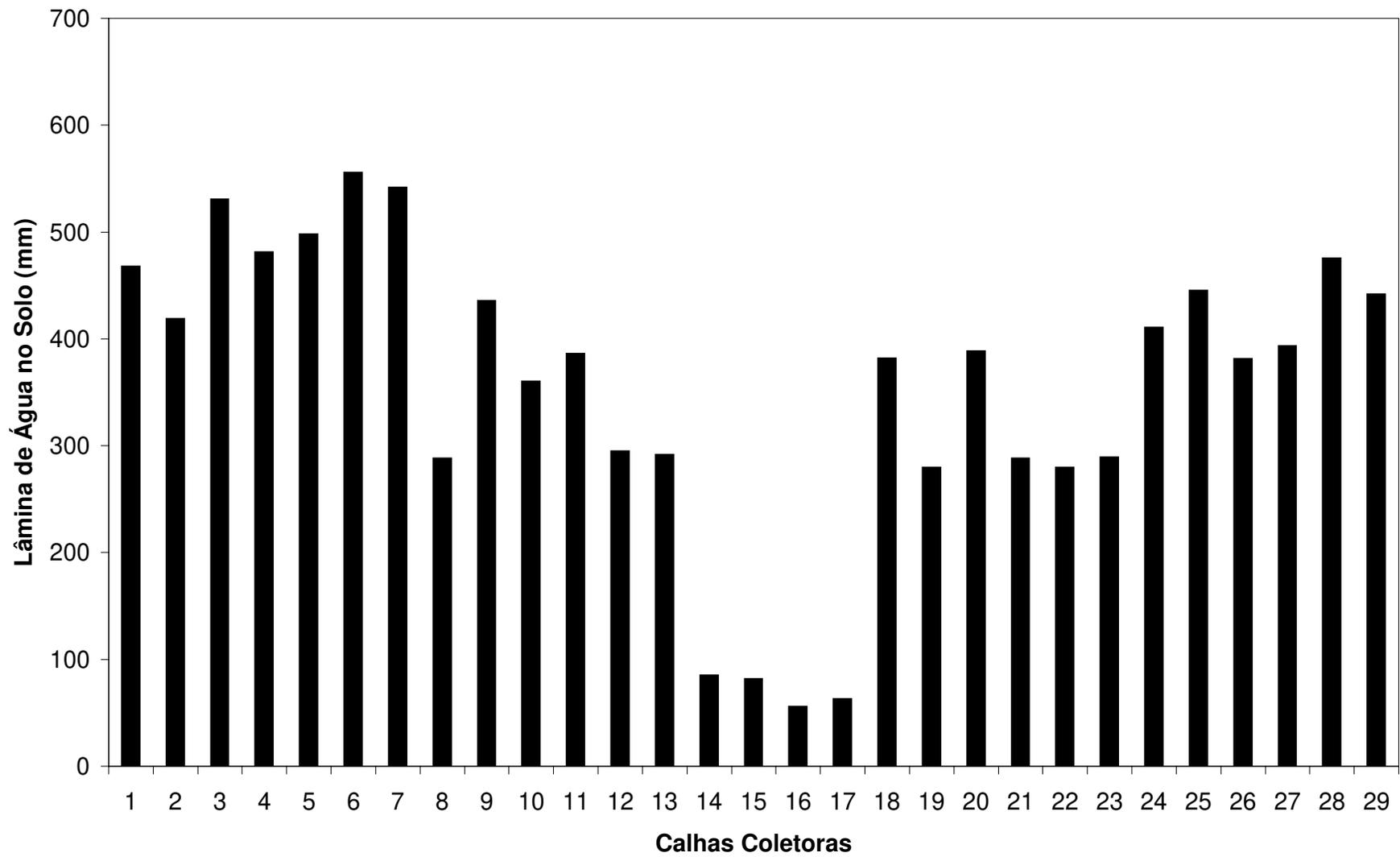
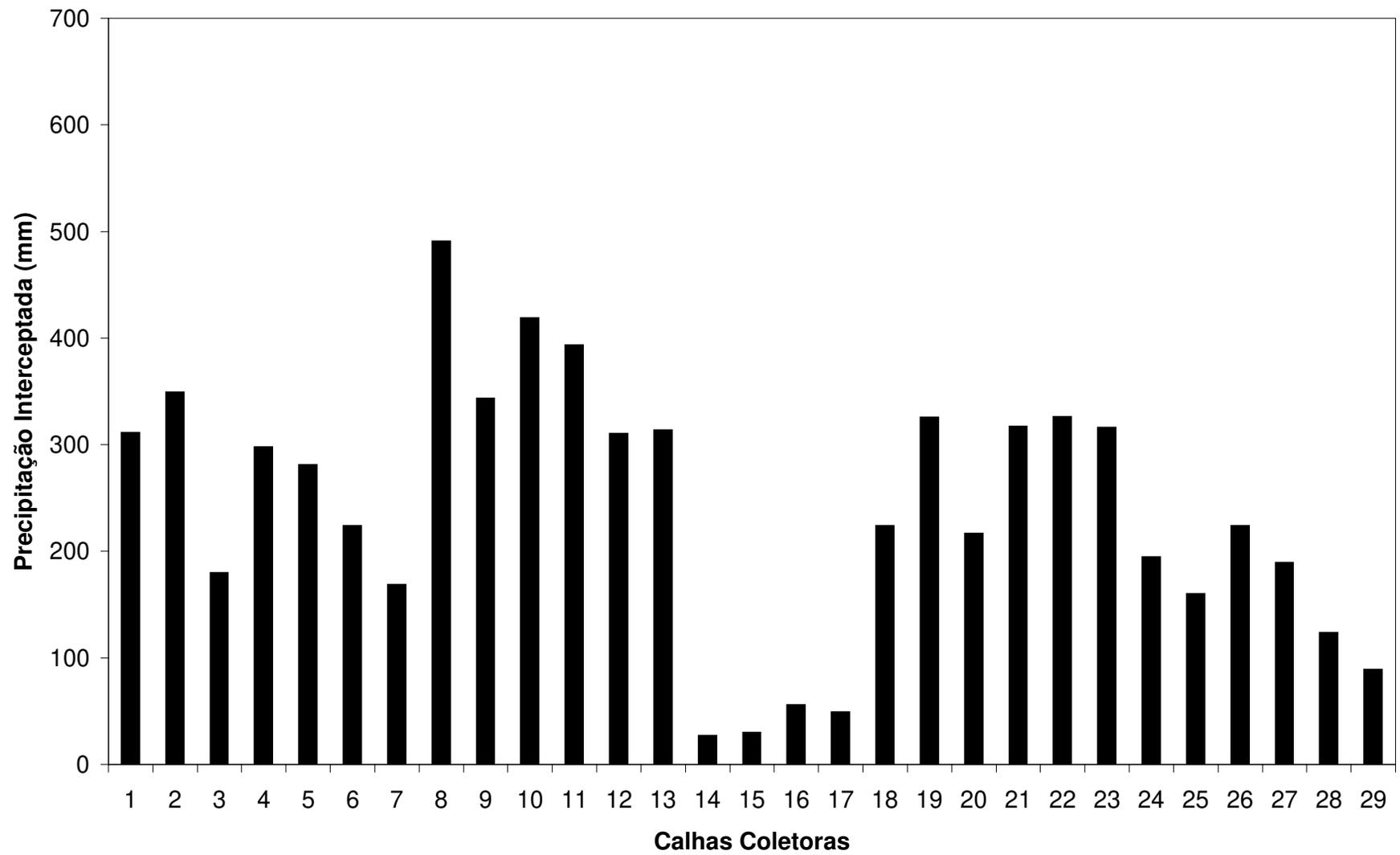


Figura A4 - VARIAÇÃO DA LÂMINA DE ÁGUA TOTAL NO SOLO

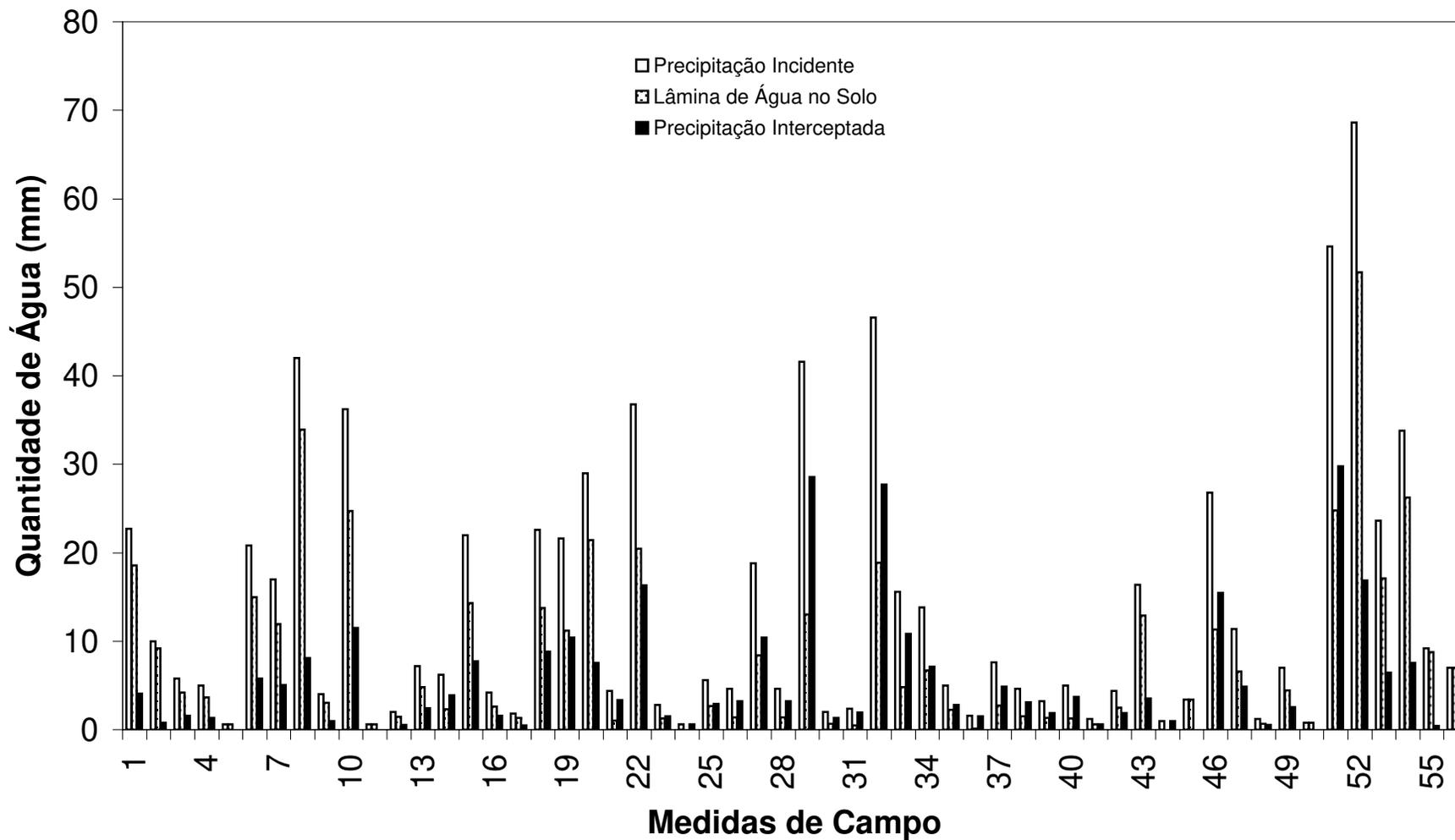


**Figura A5 - VARIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA TOTAL**

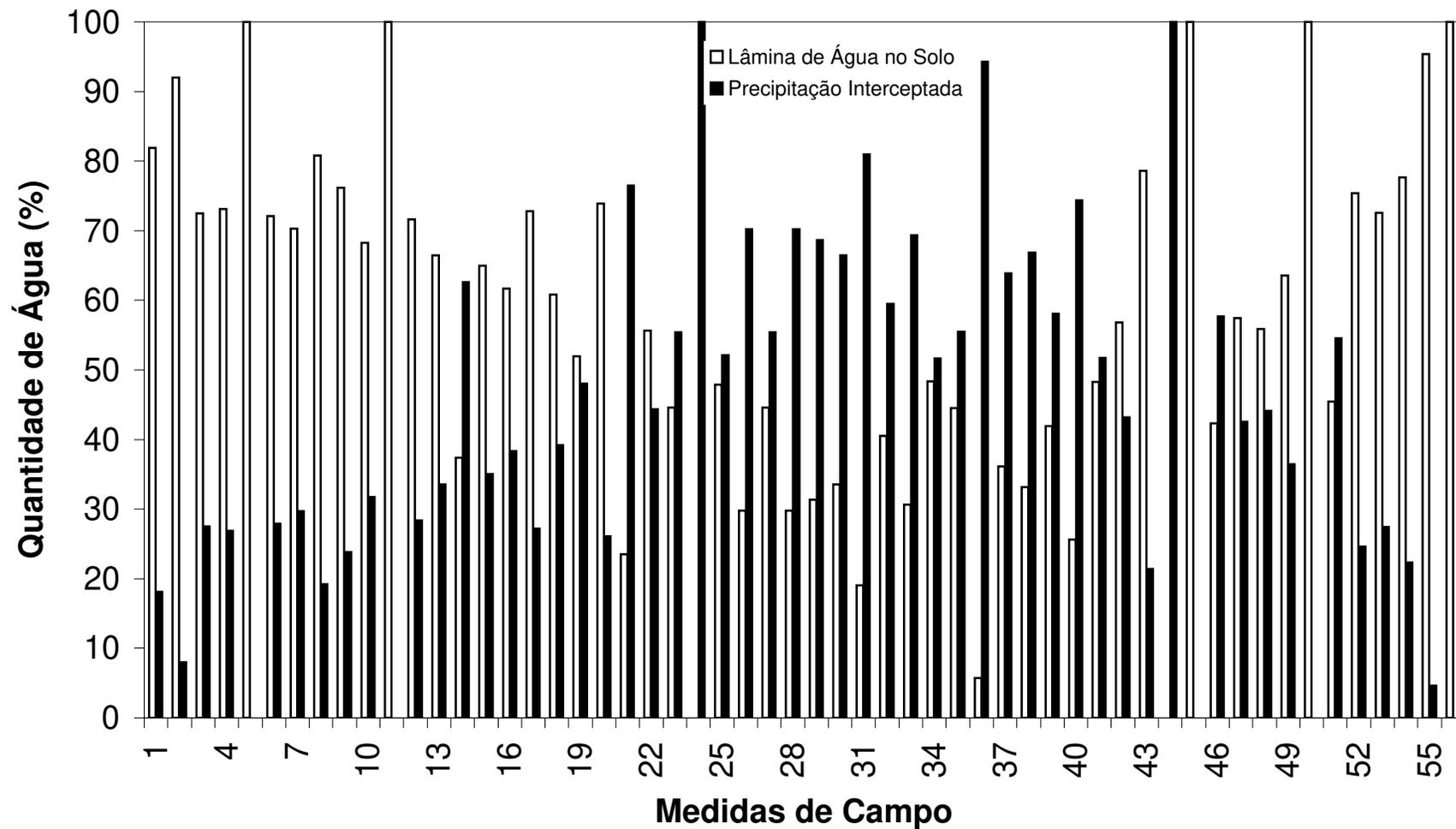


**9.2. APÊNDICE B**  
**Figuras B1 a B58 – VARIAÇÃO DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E DA**  
**PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA**

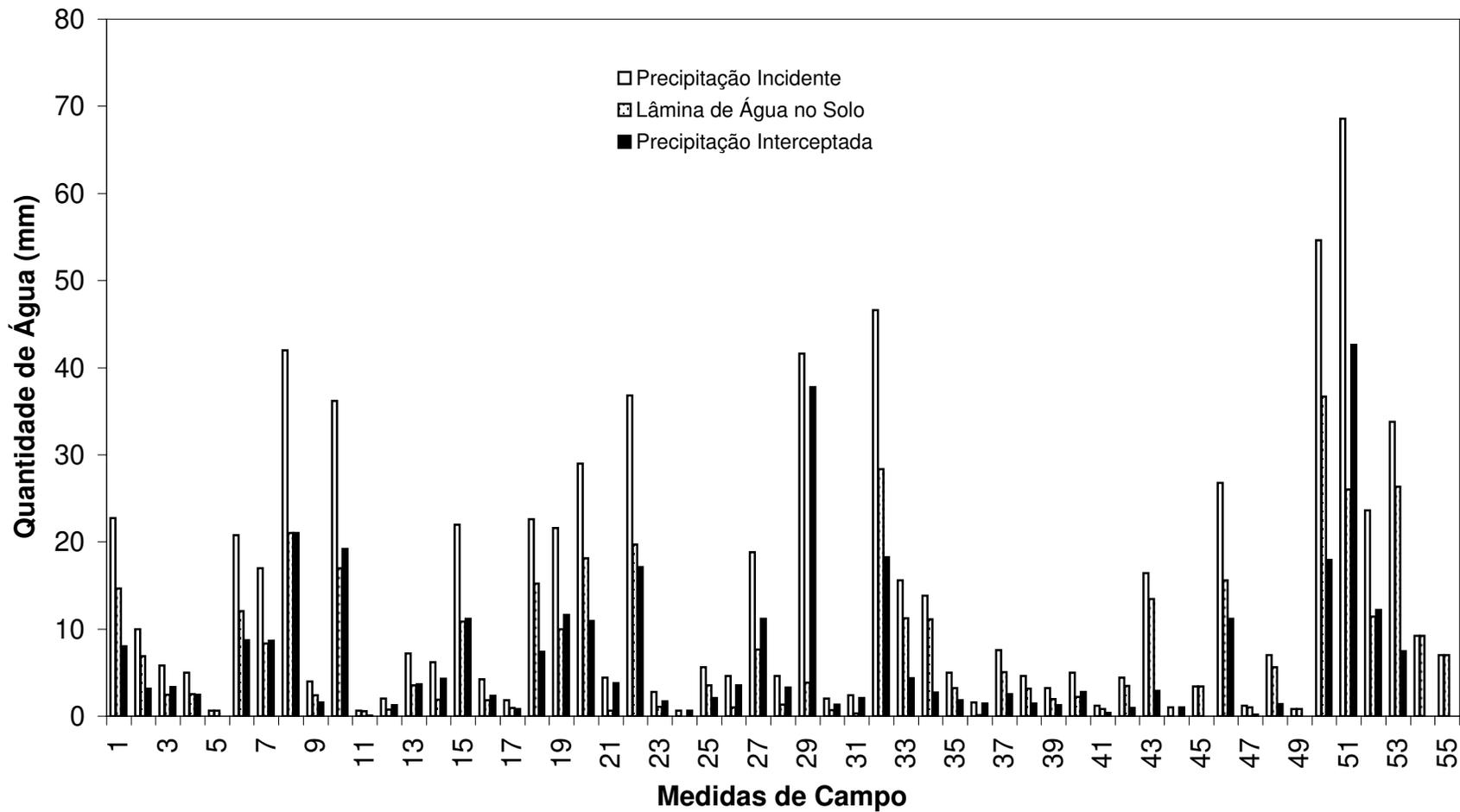
**Figura B1 - VARIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO INCIDENTE, LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO  
CALHA 1**



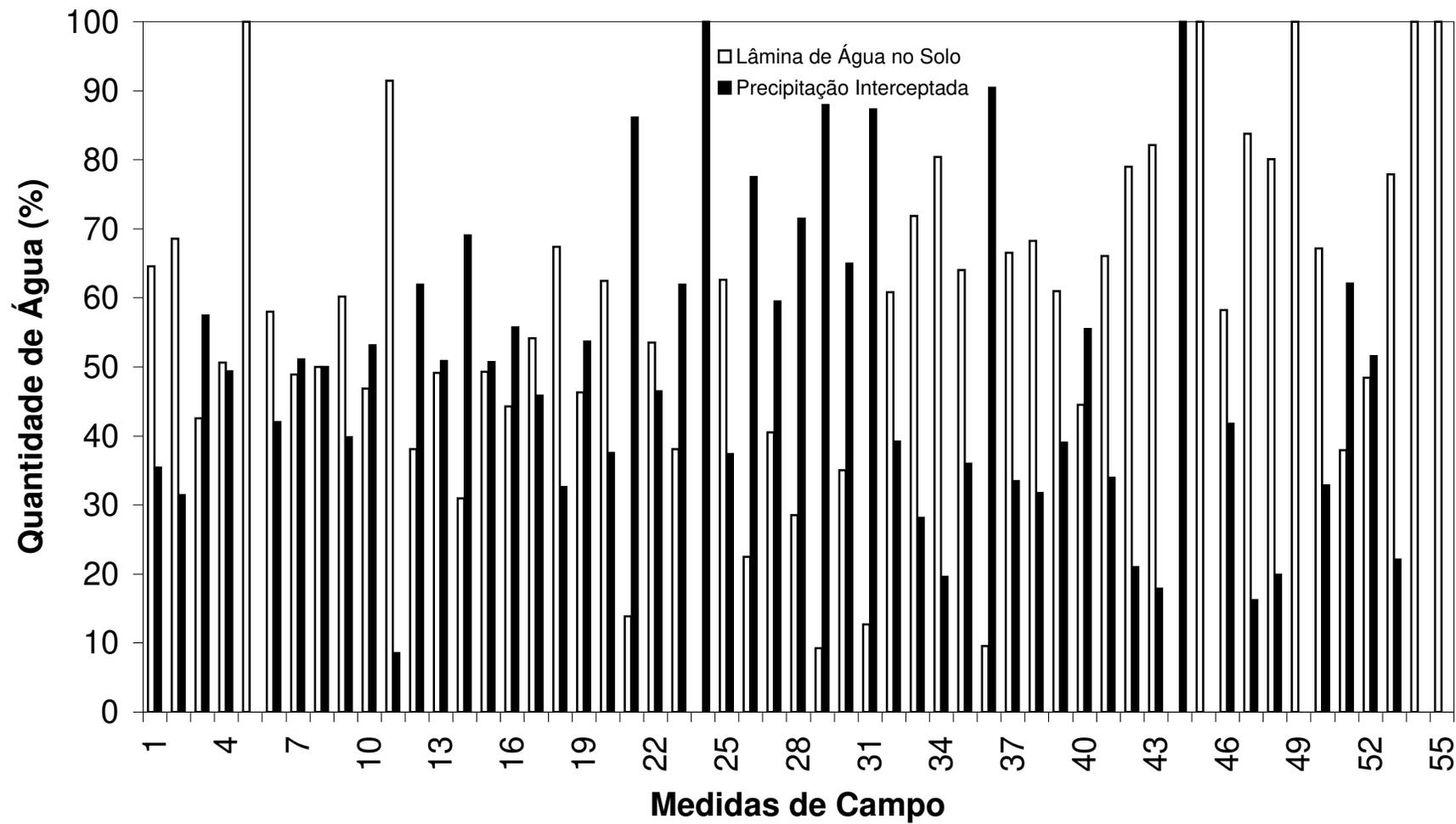
**Figura B2 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 1**



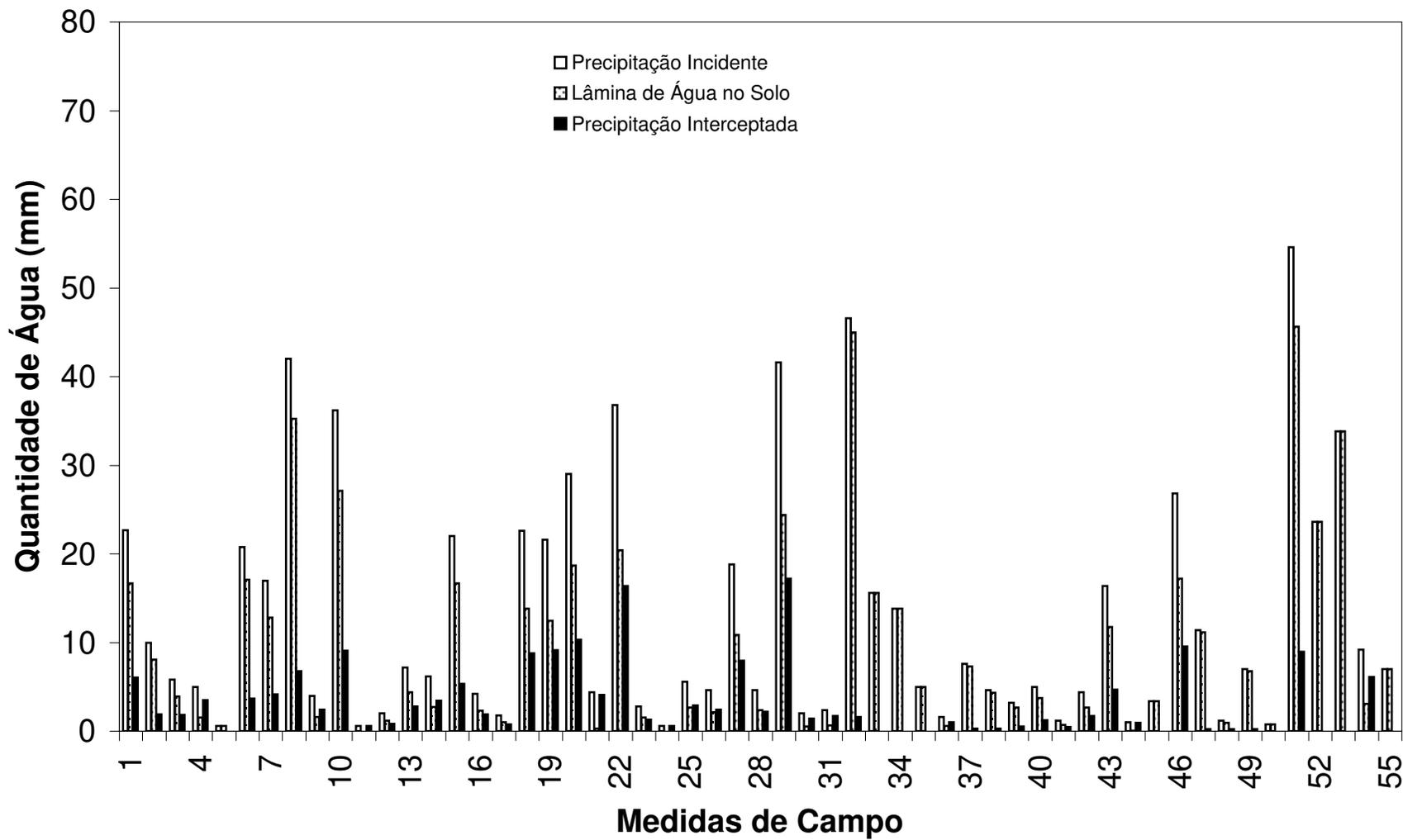
**Figura B3 - VARIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO INCIDENTE, LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 2**



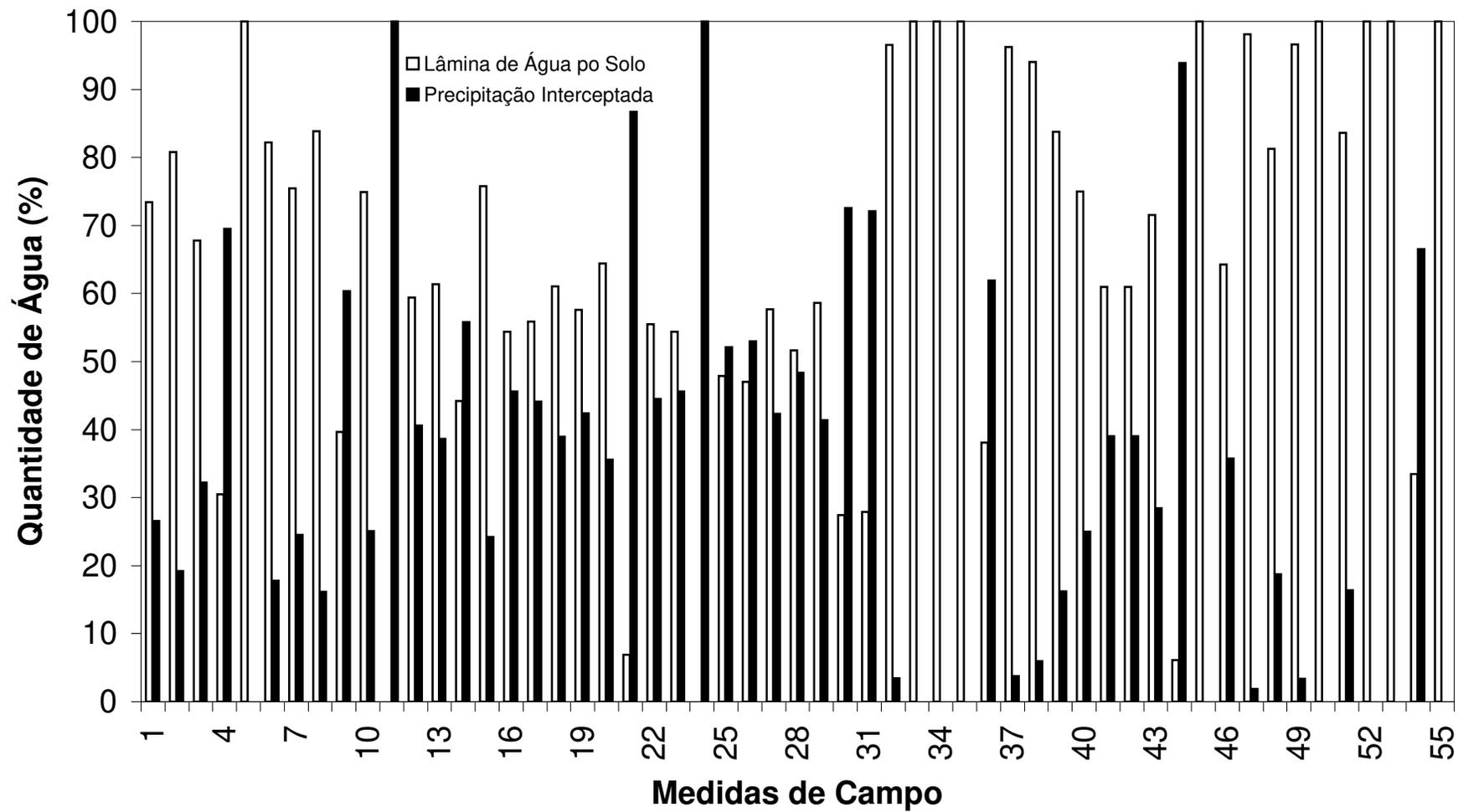
**Figura B4 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 2**



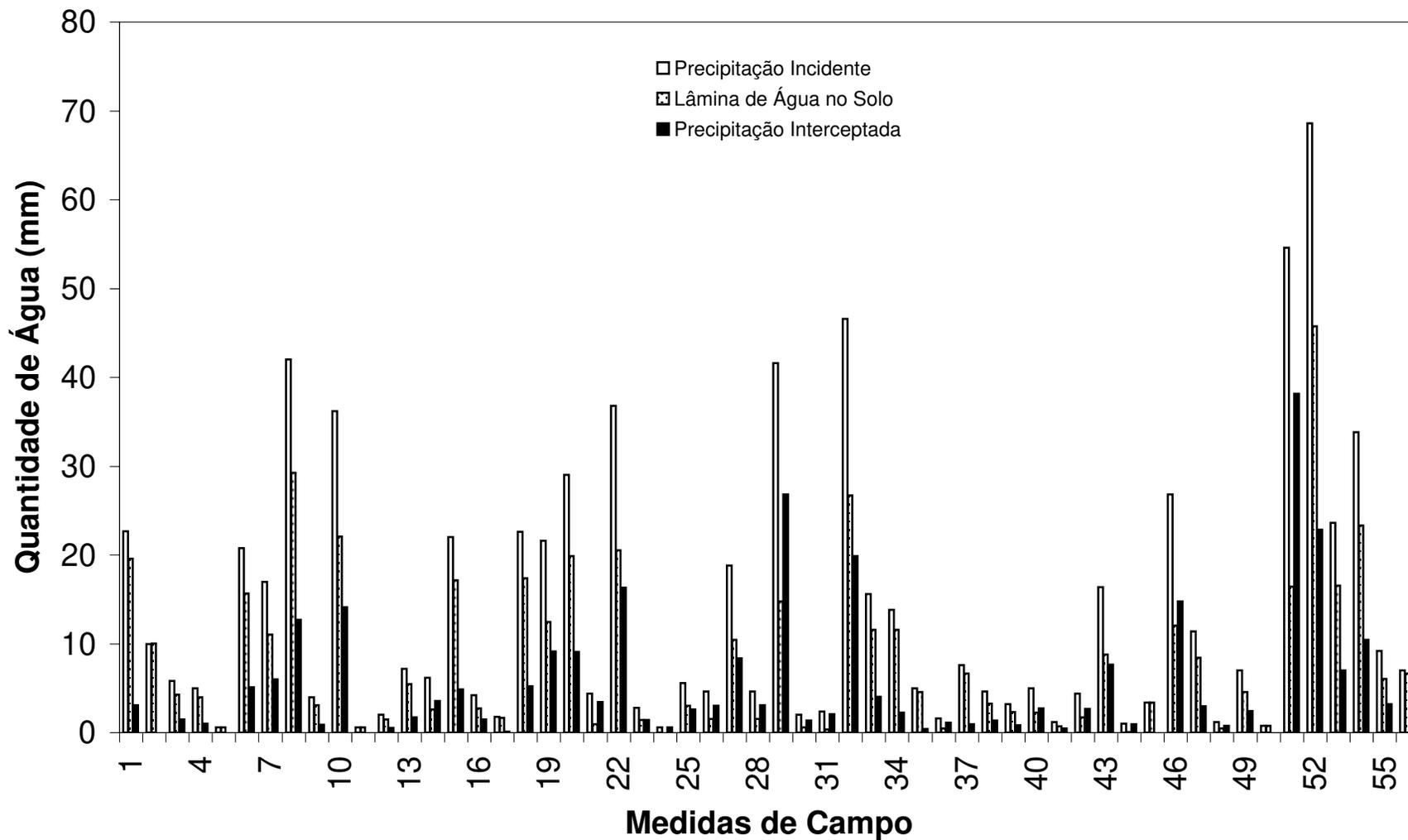
**Figura B5 - VARIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO INCIDENTE, LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 3**



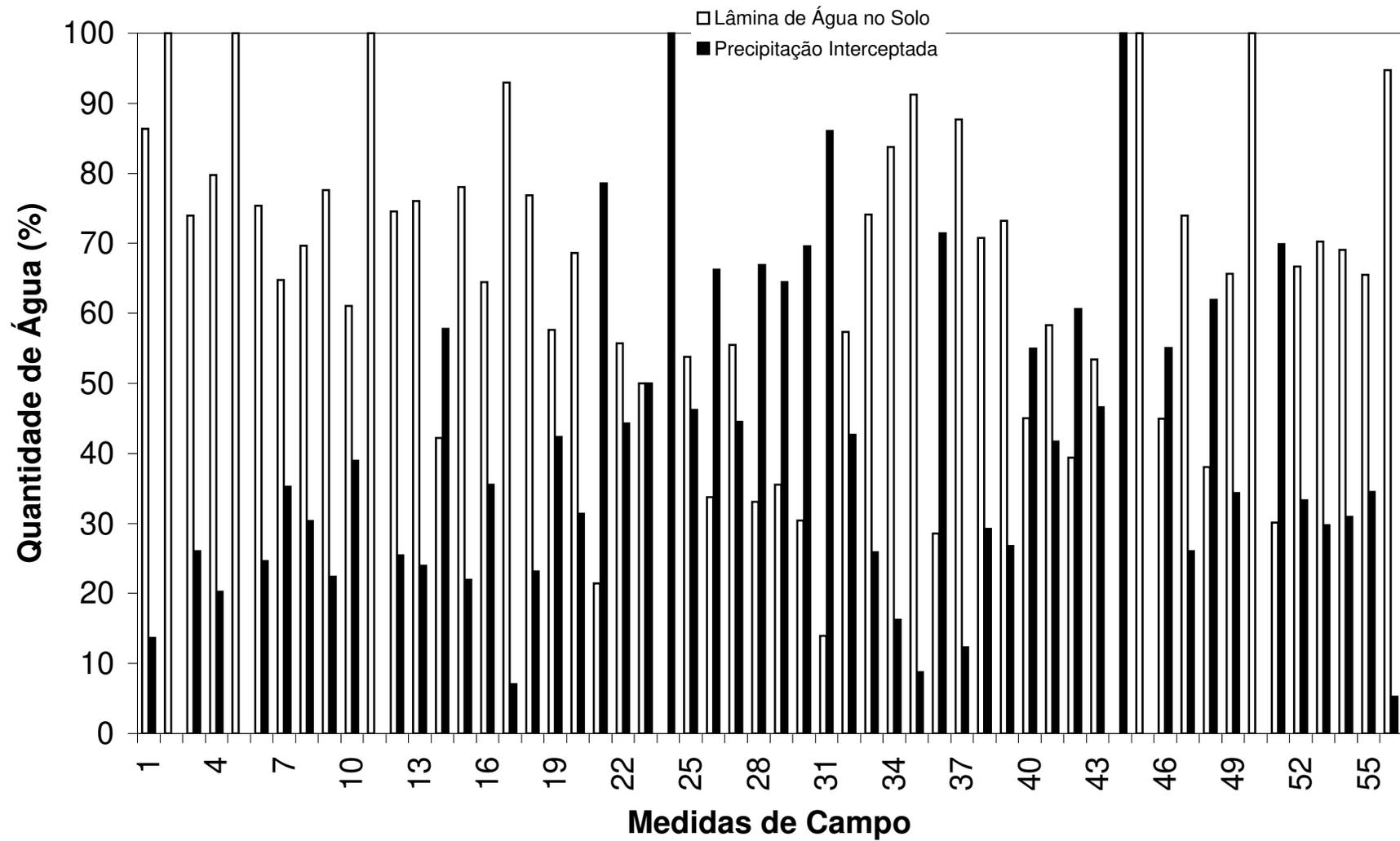
**Figura B6 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 3**



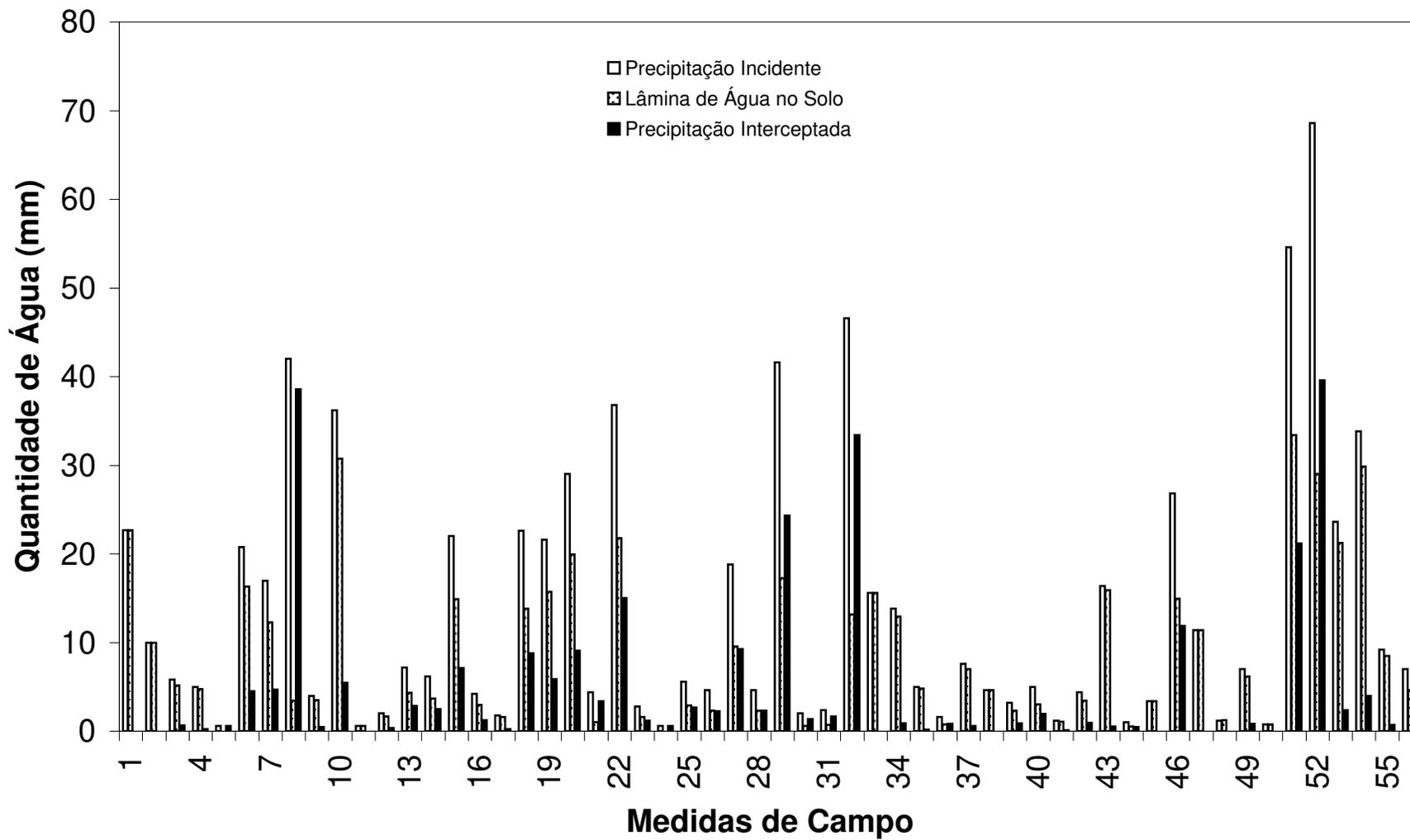
**Figura B7 - VARIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO INCIDENTE, LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 4**



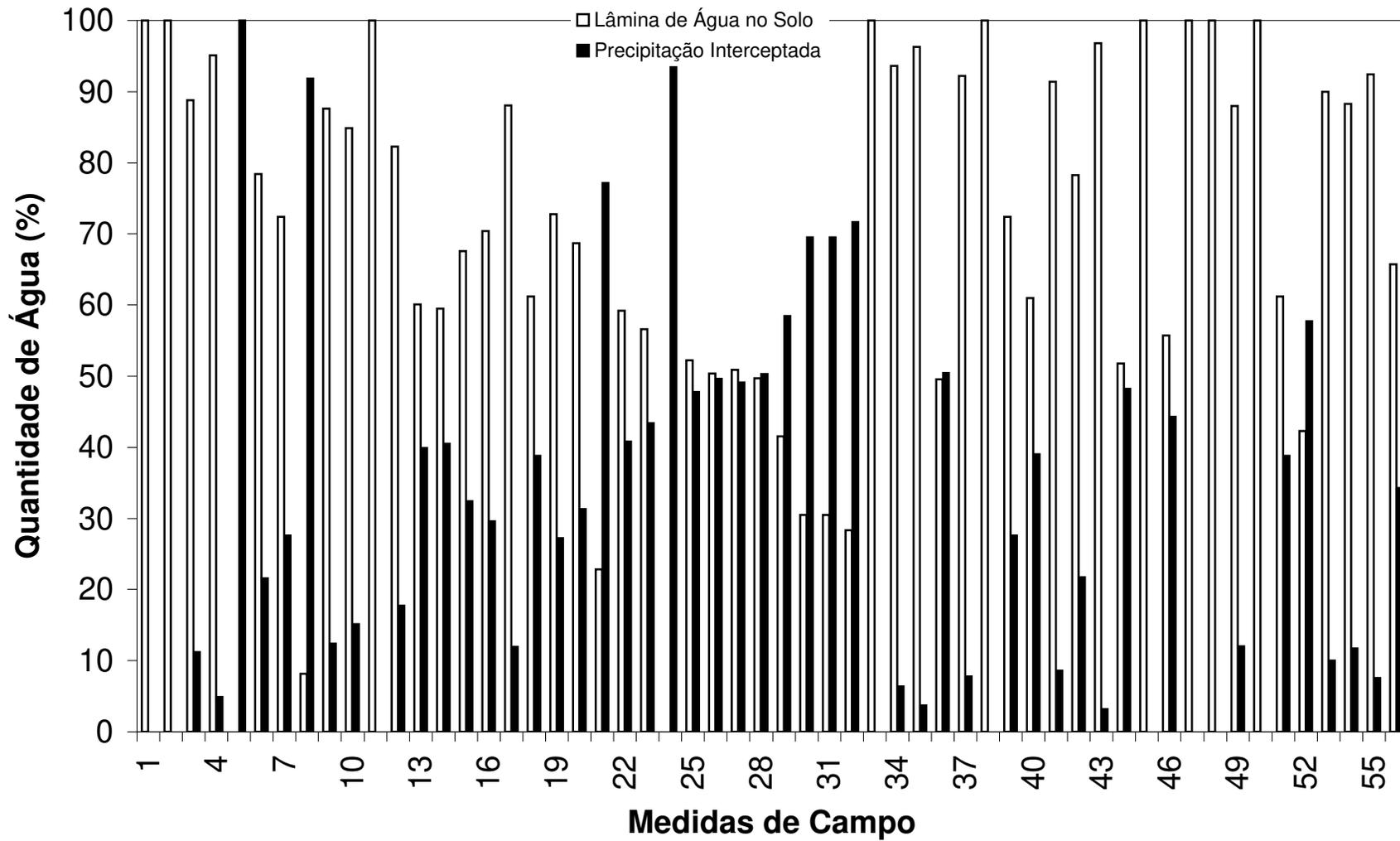
**Figura B8 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 4**



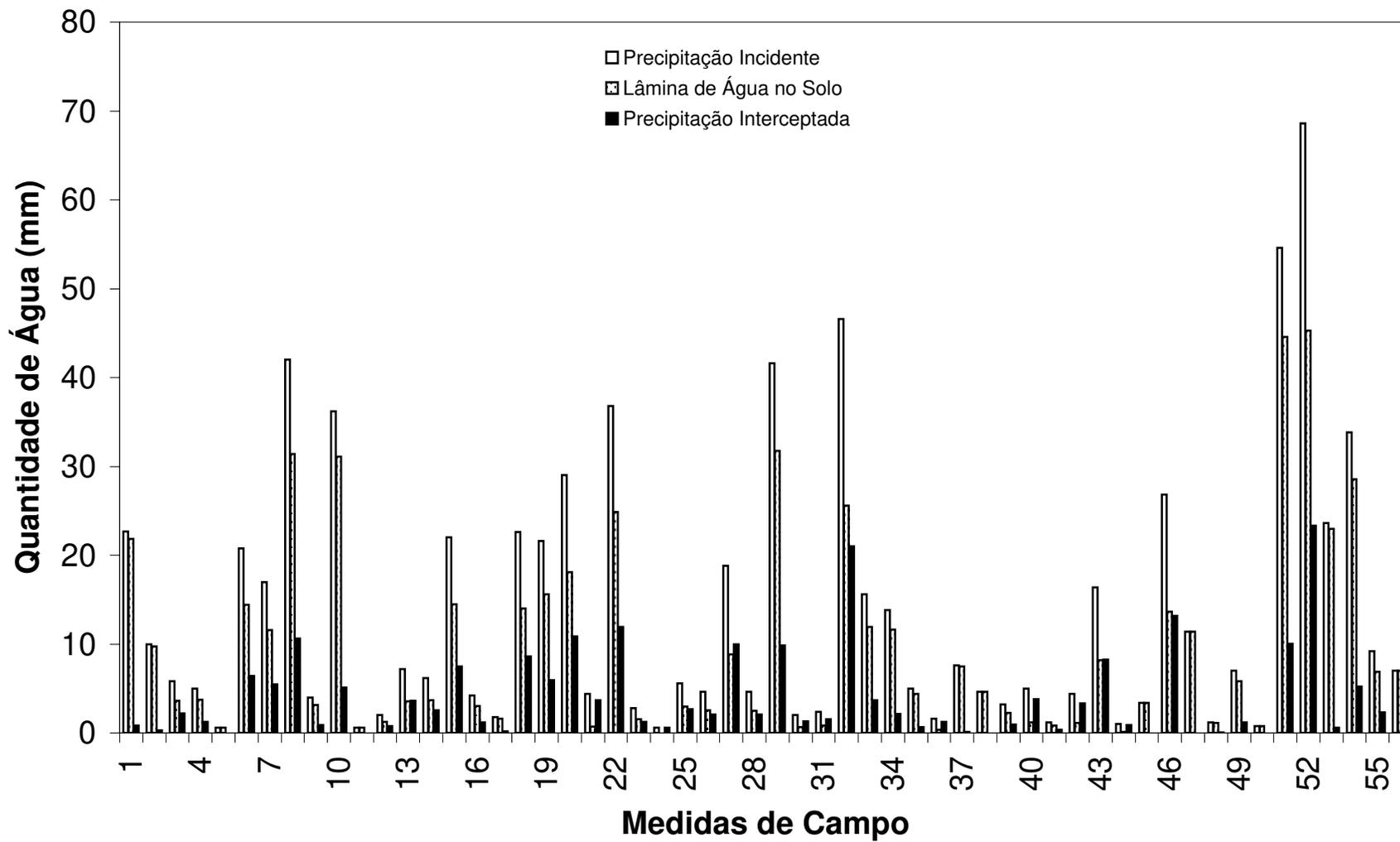
**Figura B9 - VARIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO INCIDENTE, LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 5**



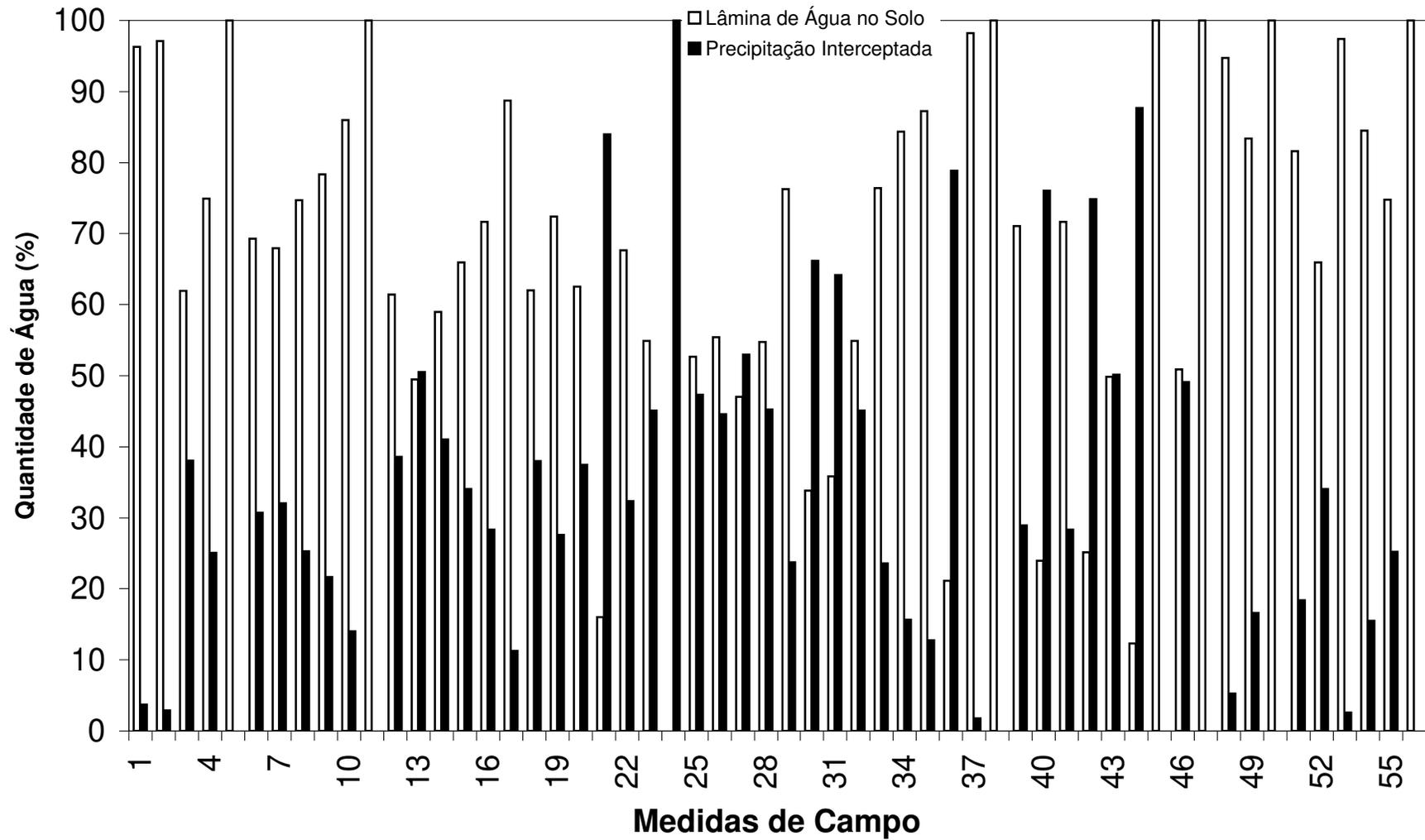
**Figura B10 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 5**



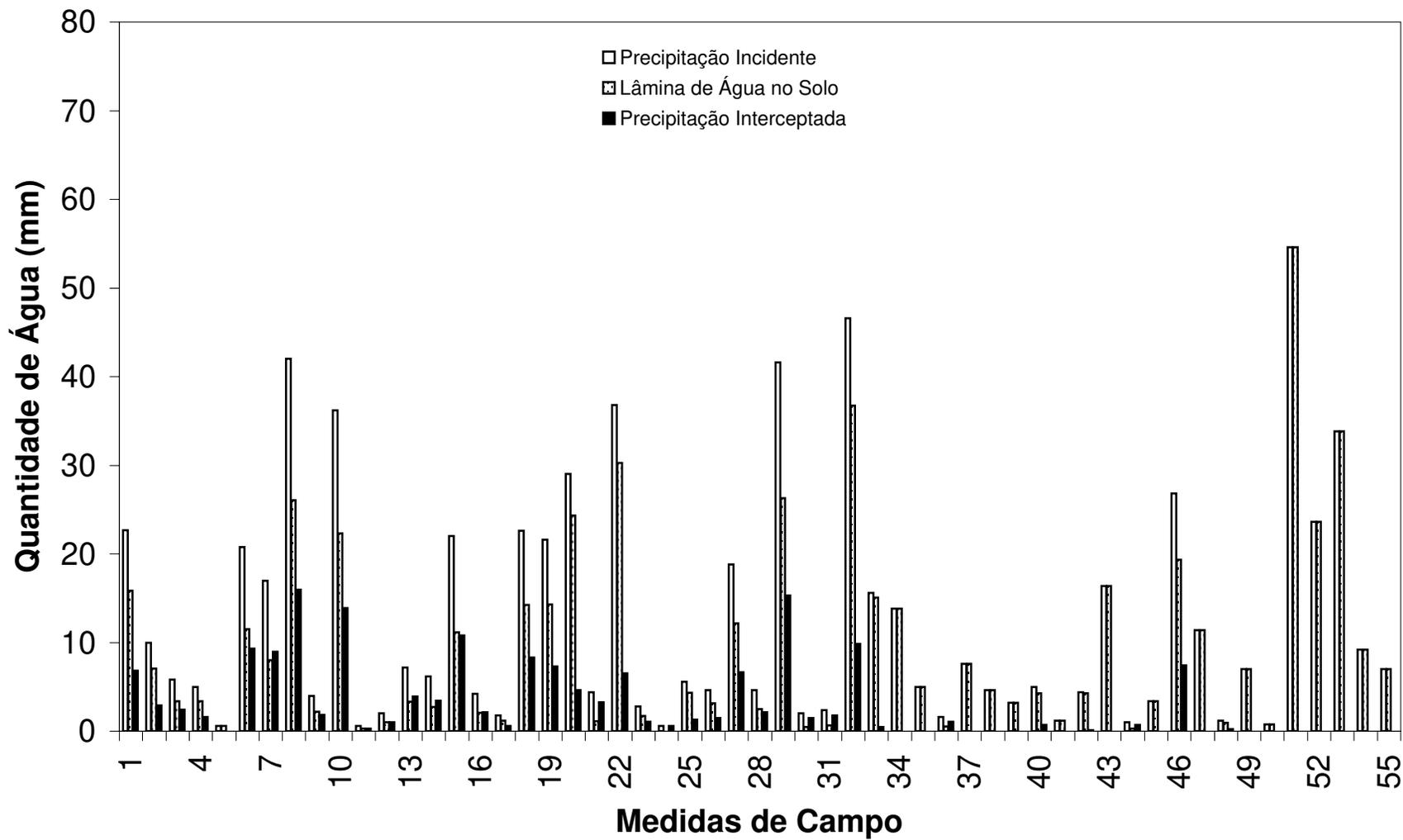
**Figura B11 - VARIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO INCIDENTE, LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 6**



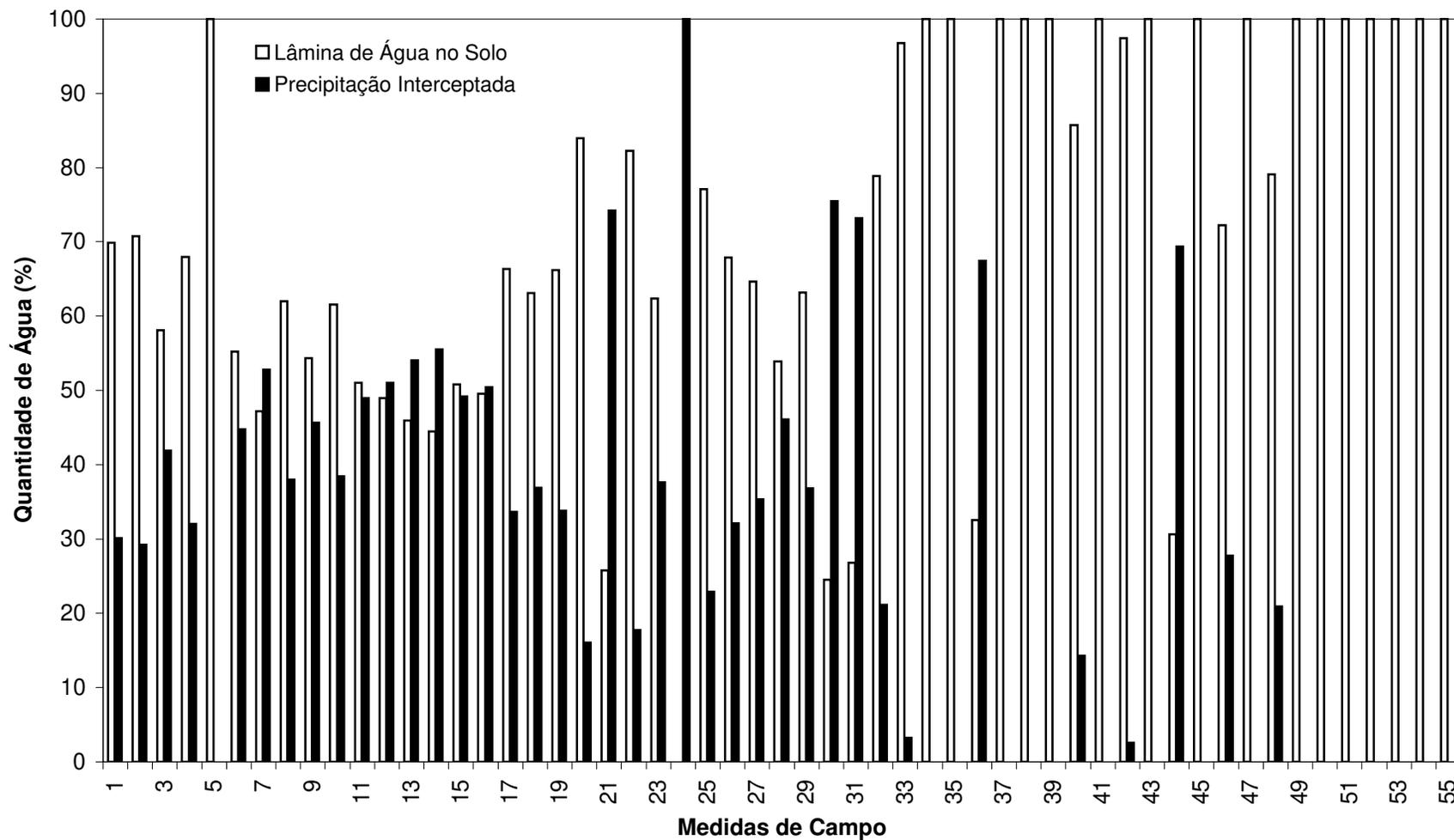
**Figura B12 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 6**



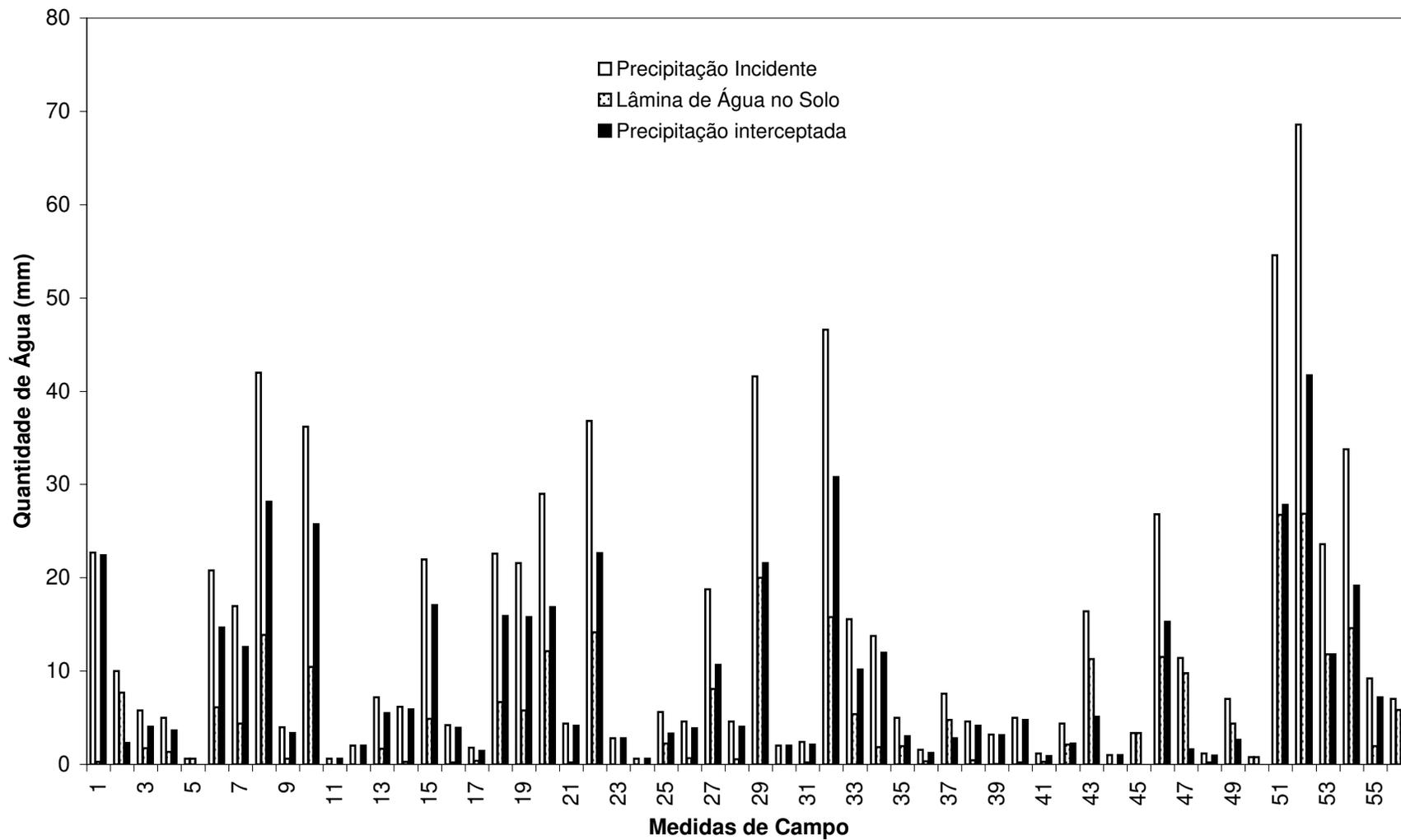
**Figura B13 - VARIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO INCIDENTE, LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 7**



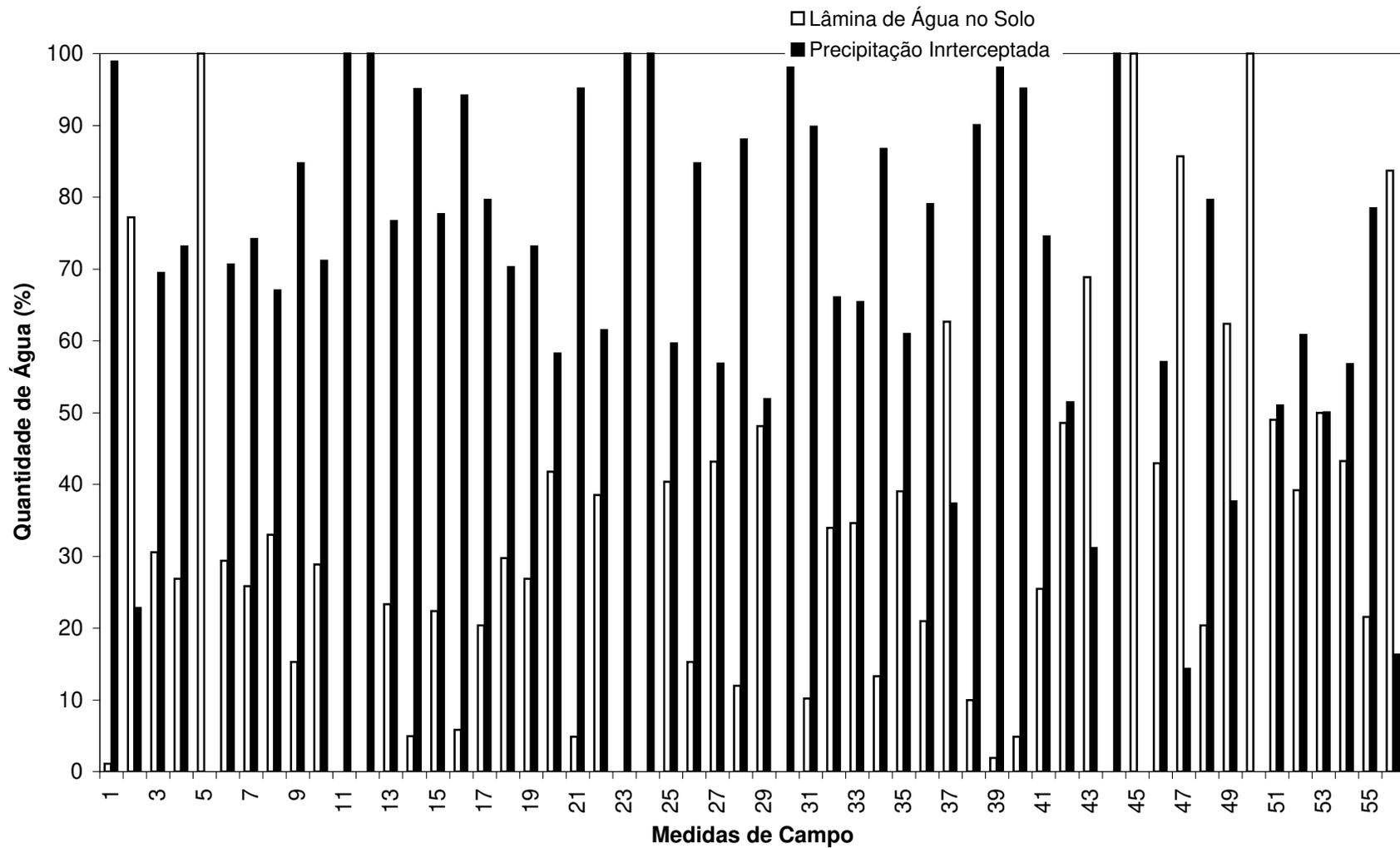
**Figura B14 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 7**



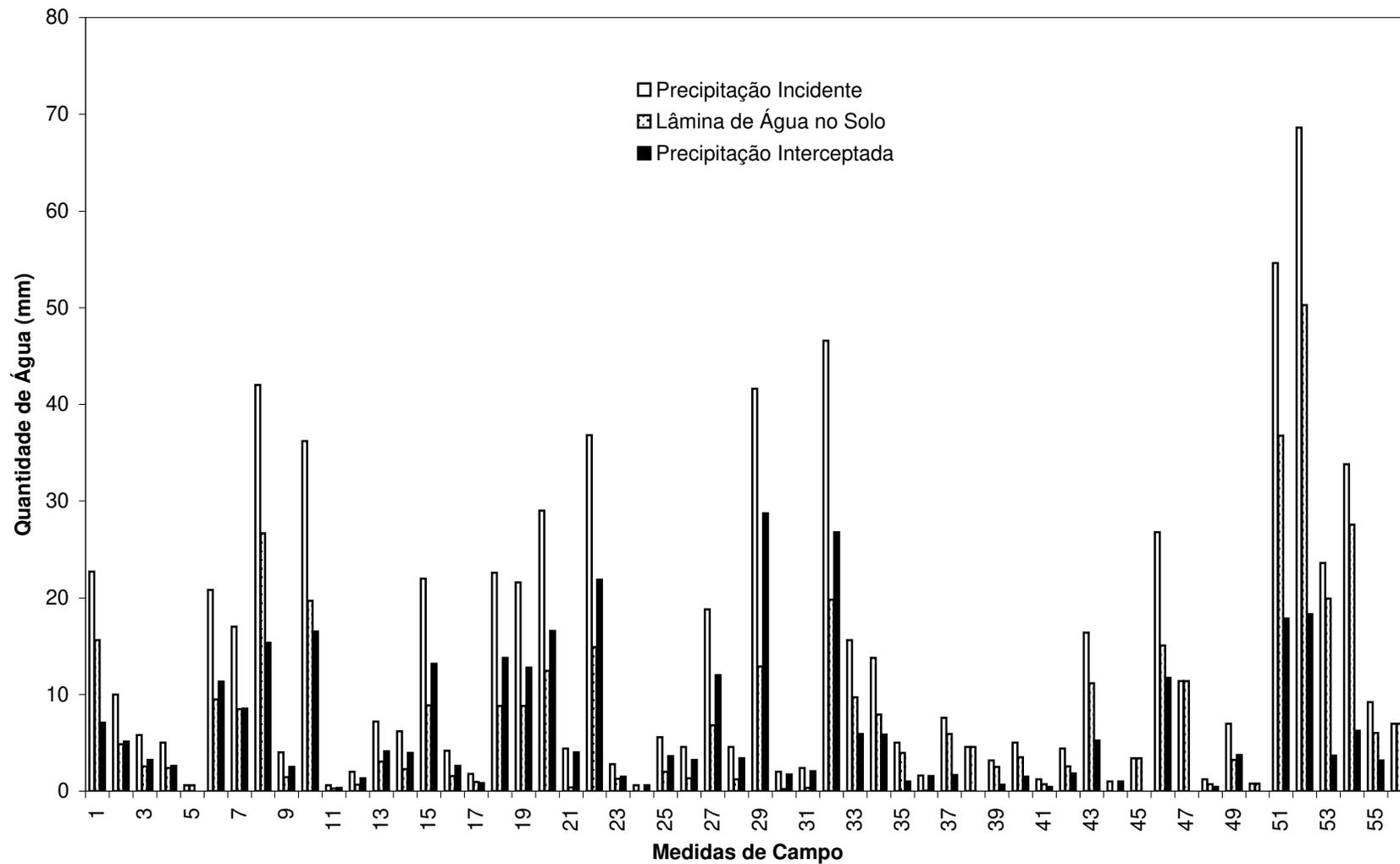
**Figura B15 - VARIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO INCIDENTE, LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 8**



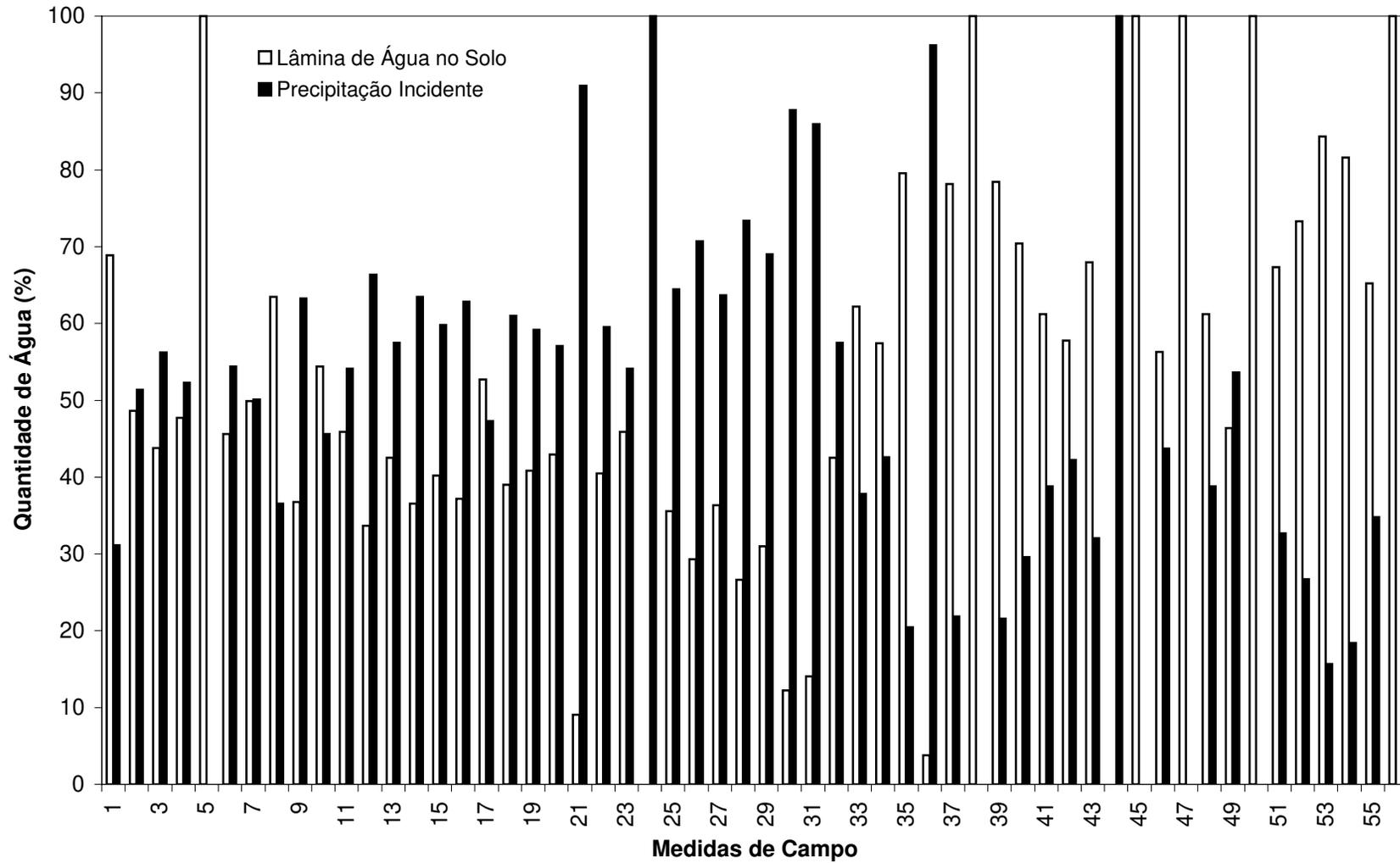
**Figura B16 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 8**



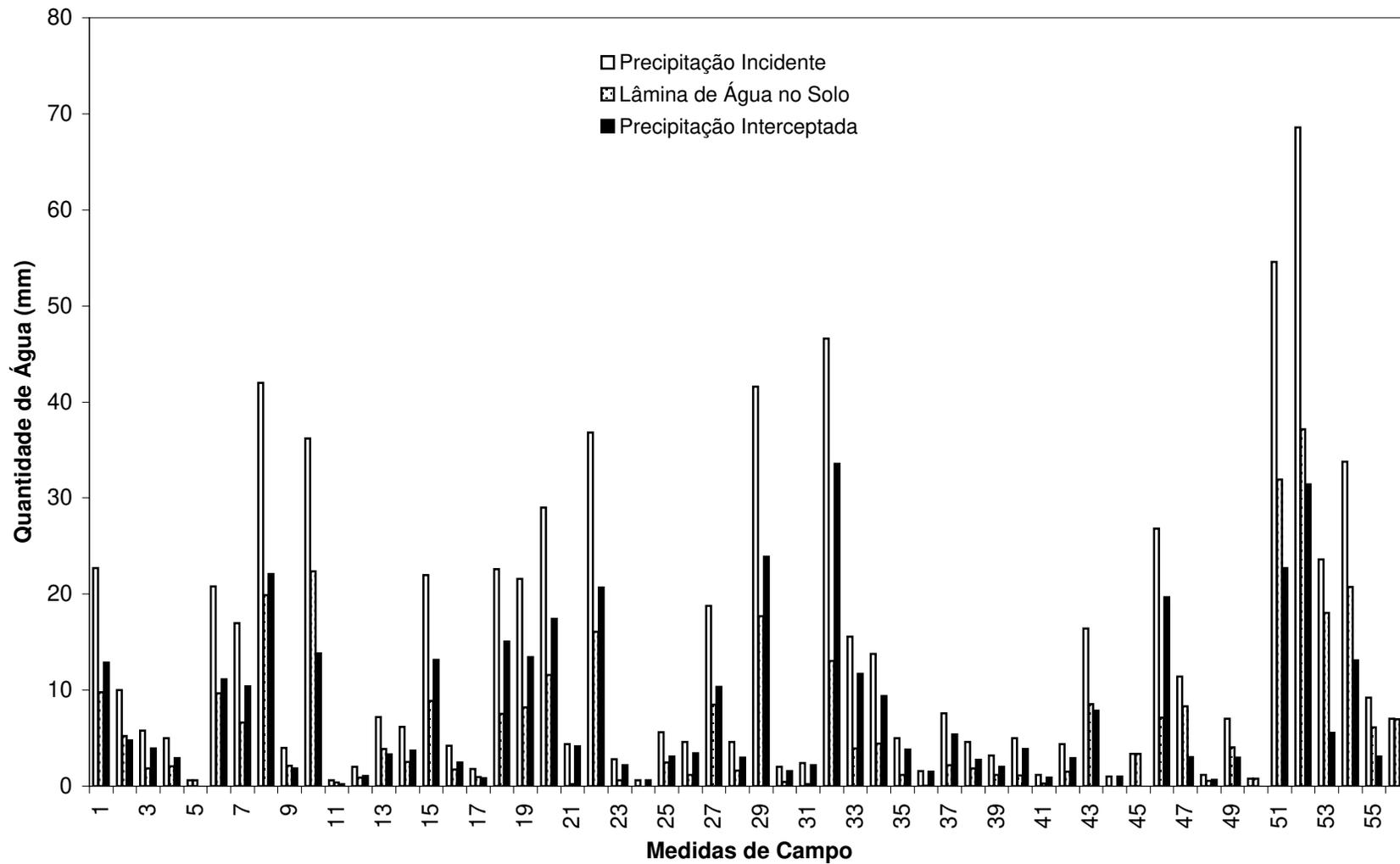
**Figura B17 - VARIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO INCIDENTE, LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 9**



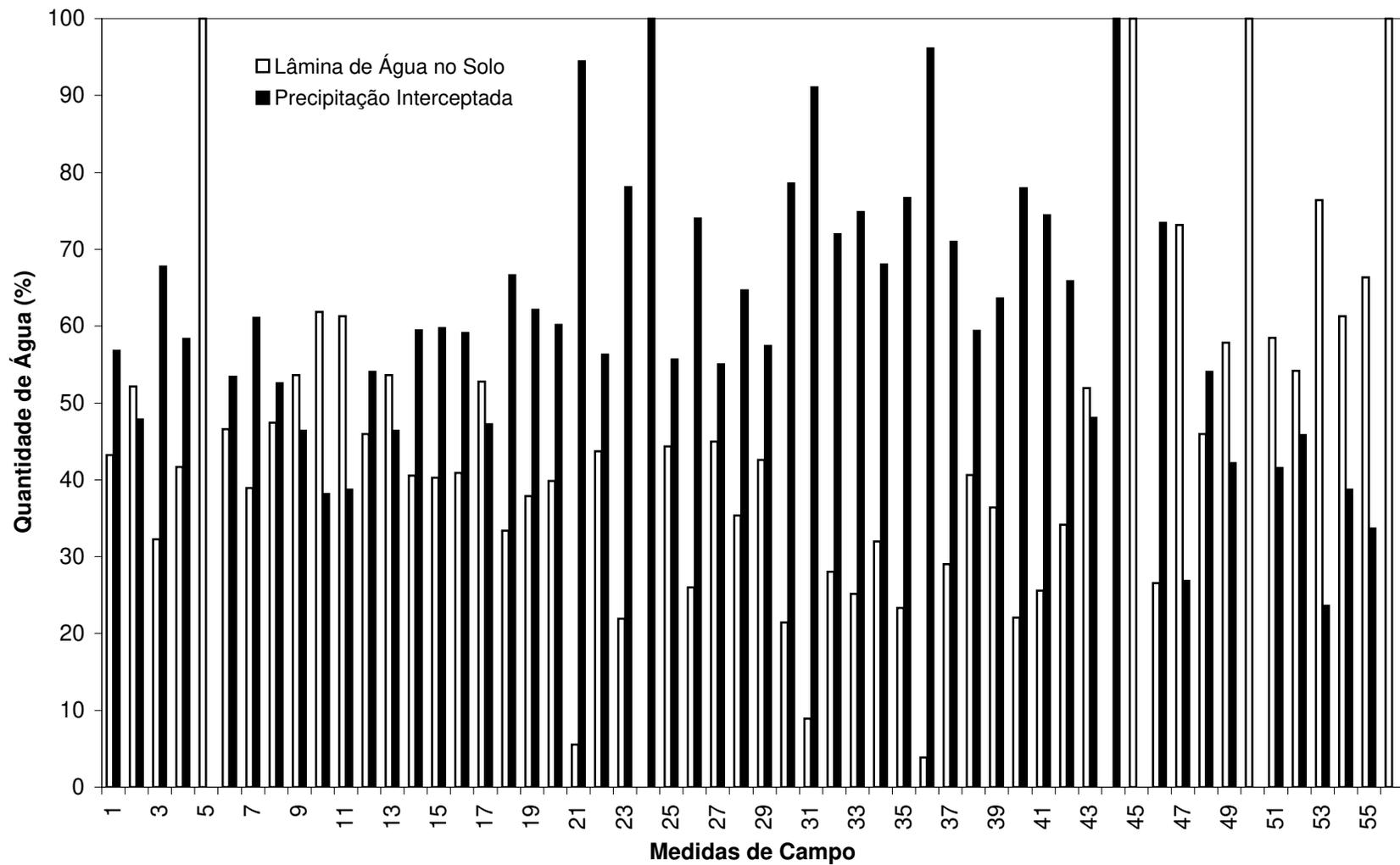
**Figura B18 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 9**



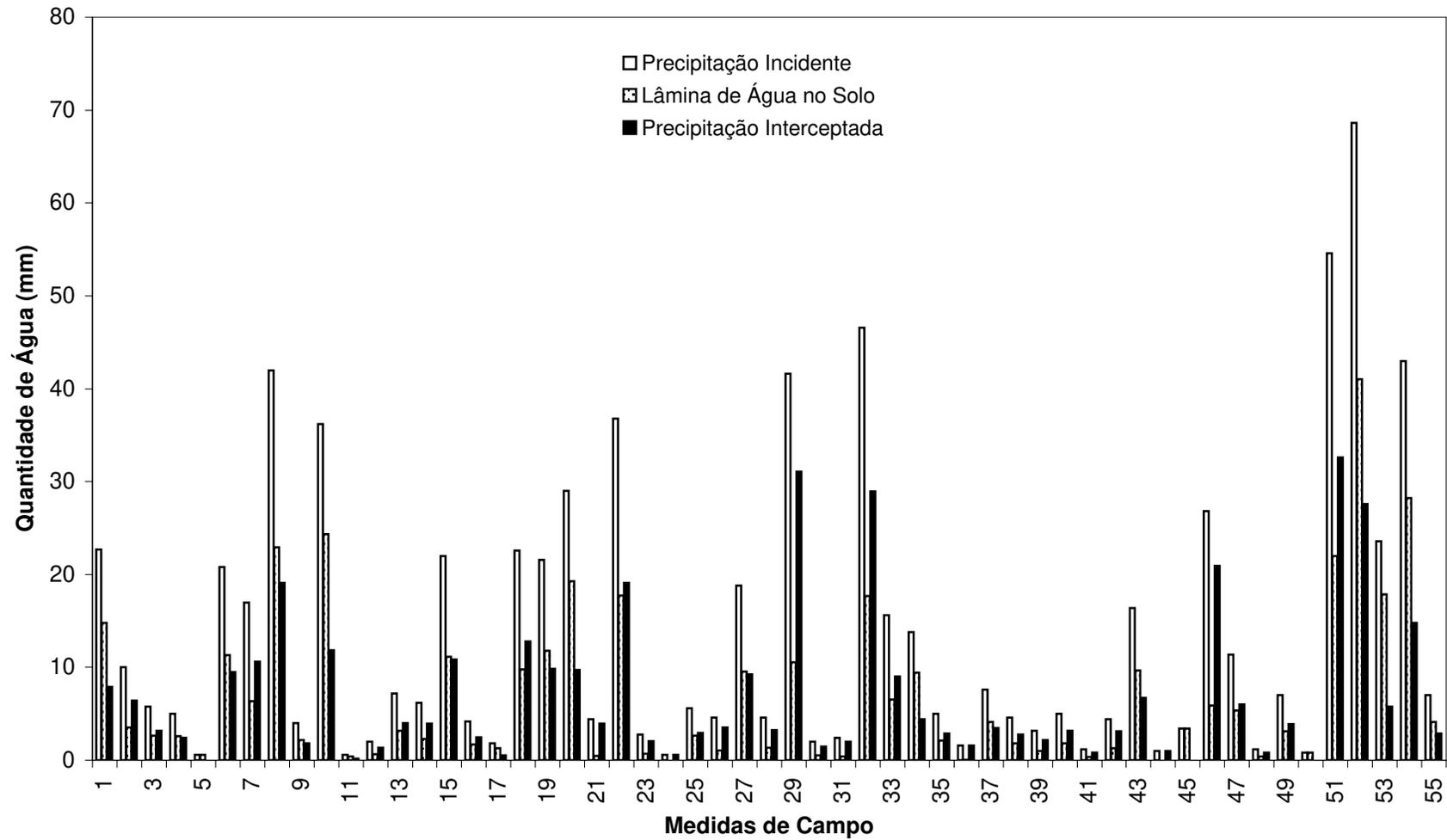
**Figura B19 - VARIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO INCIDENTE, LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 10**



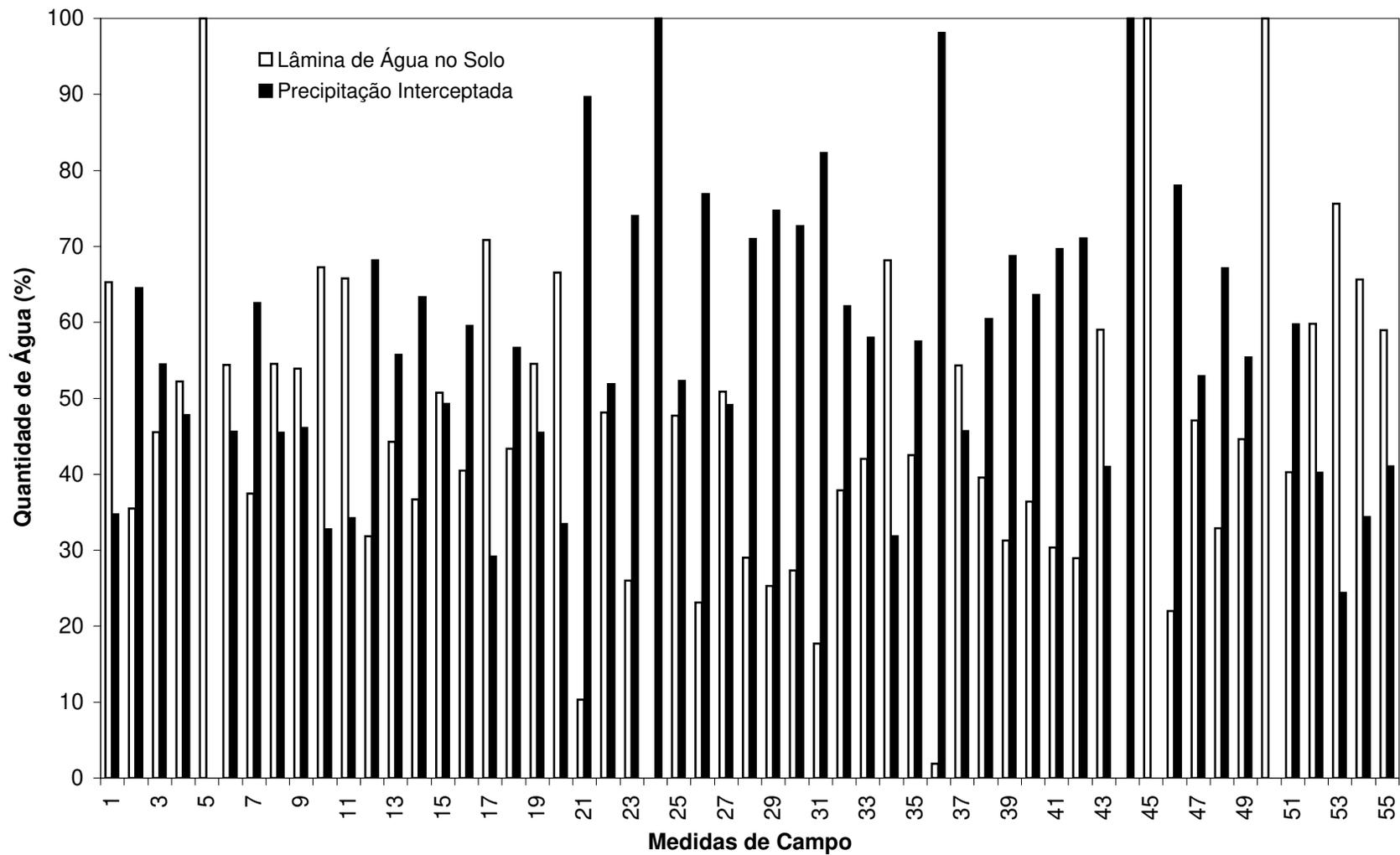
**Figura B20 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 10**



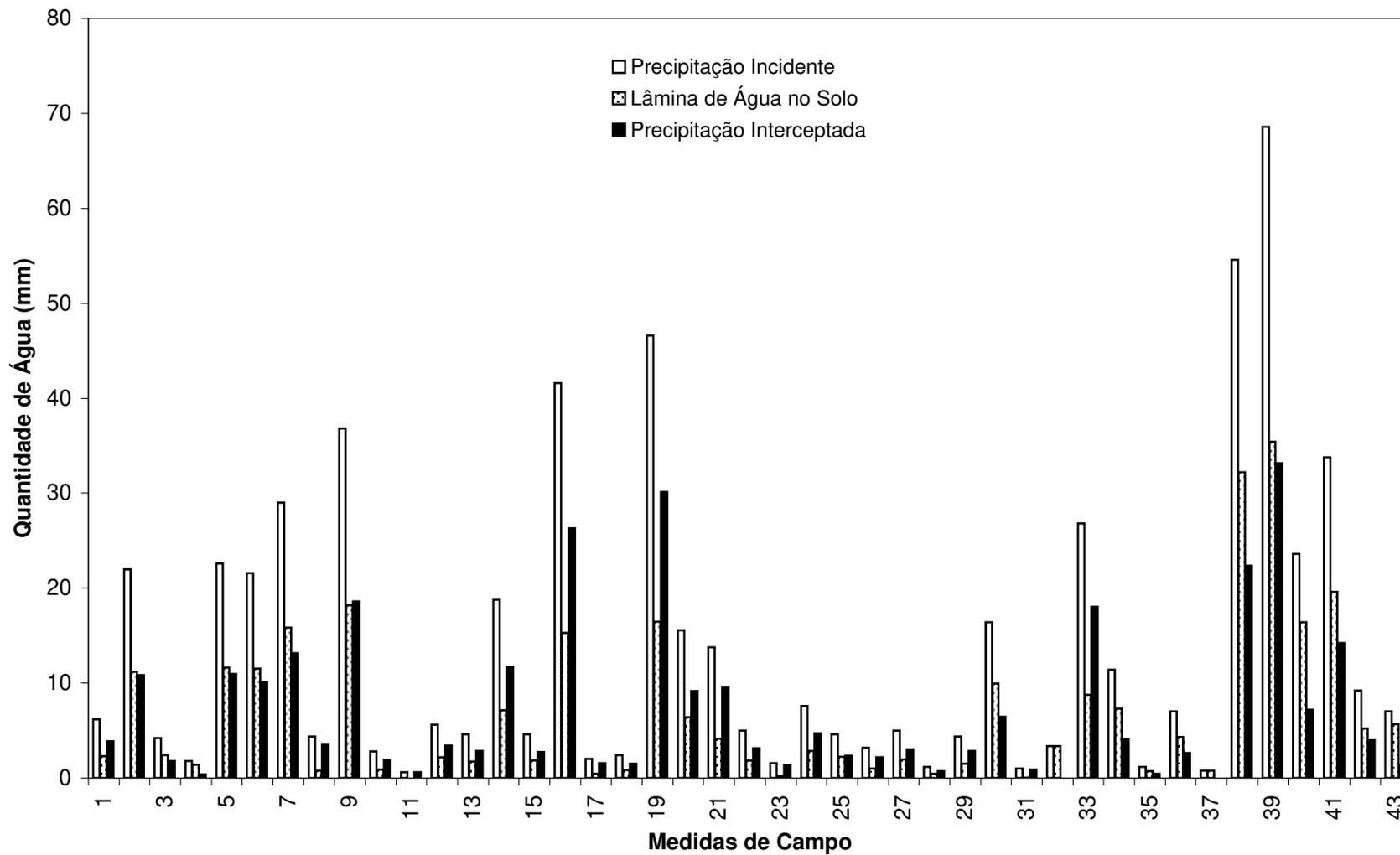
**Figura B21 - VARIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO INCIDENTE, LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 11**



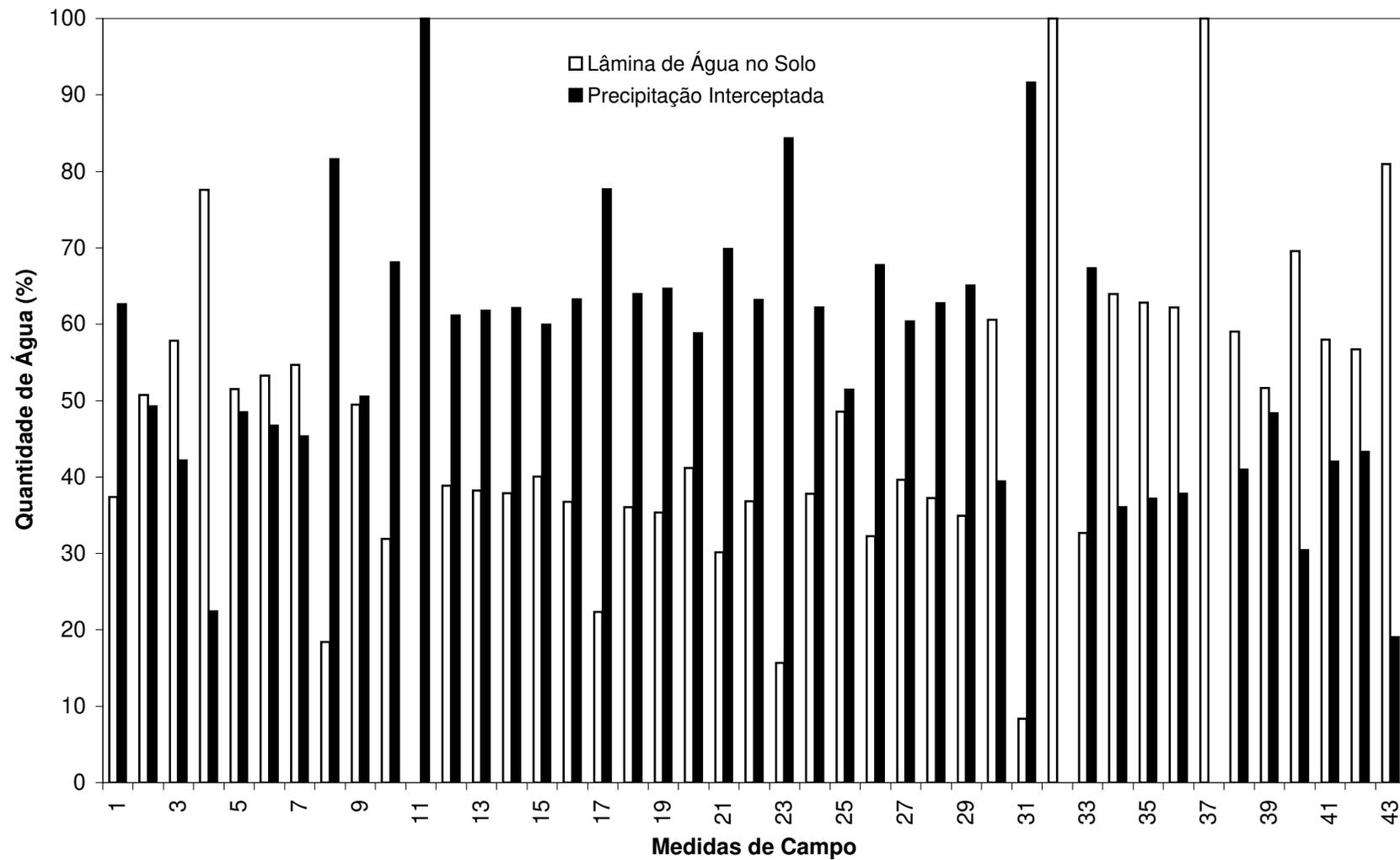
**Figura B22 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 11**



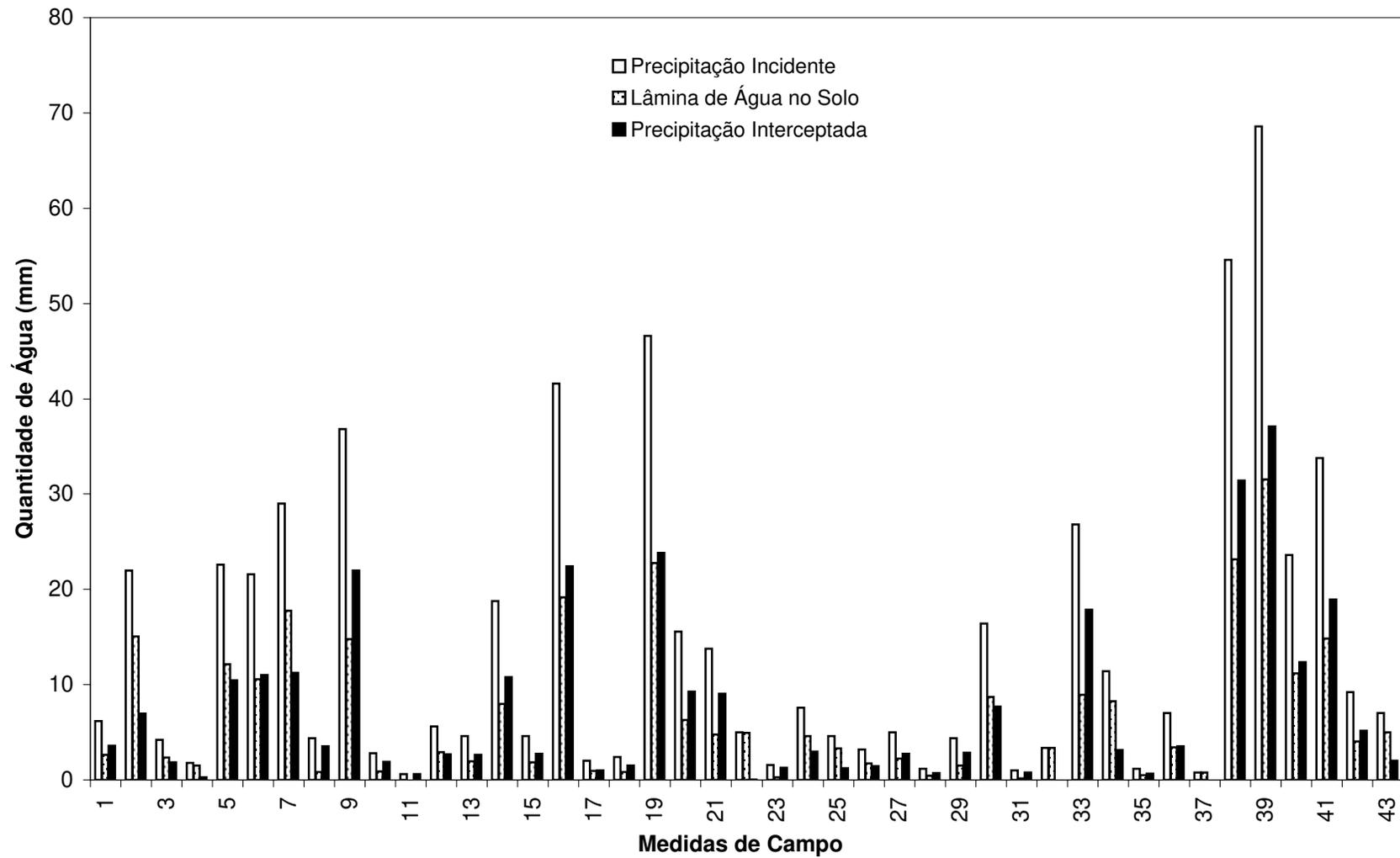
**Figura B23 - VARIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO INCIDENTE, LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 12**



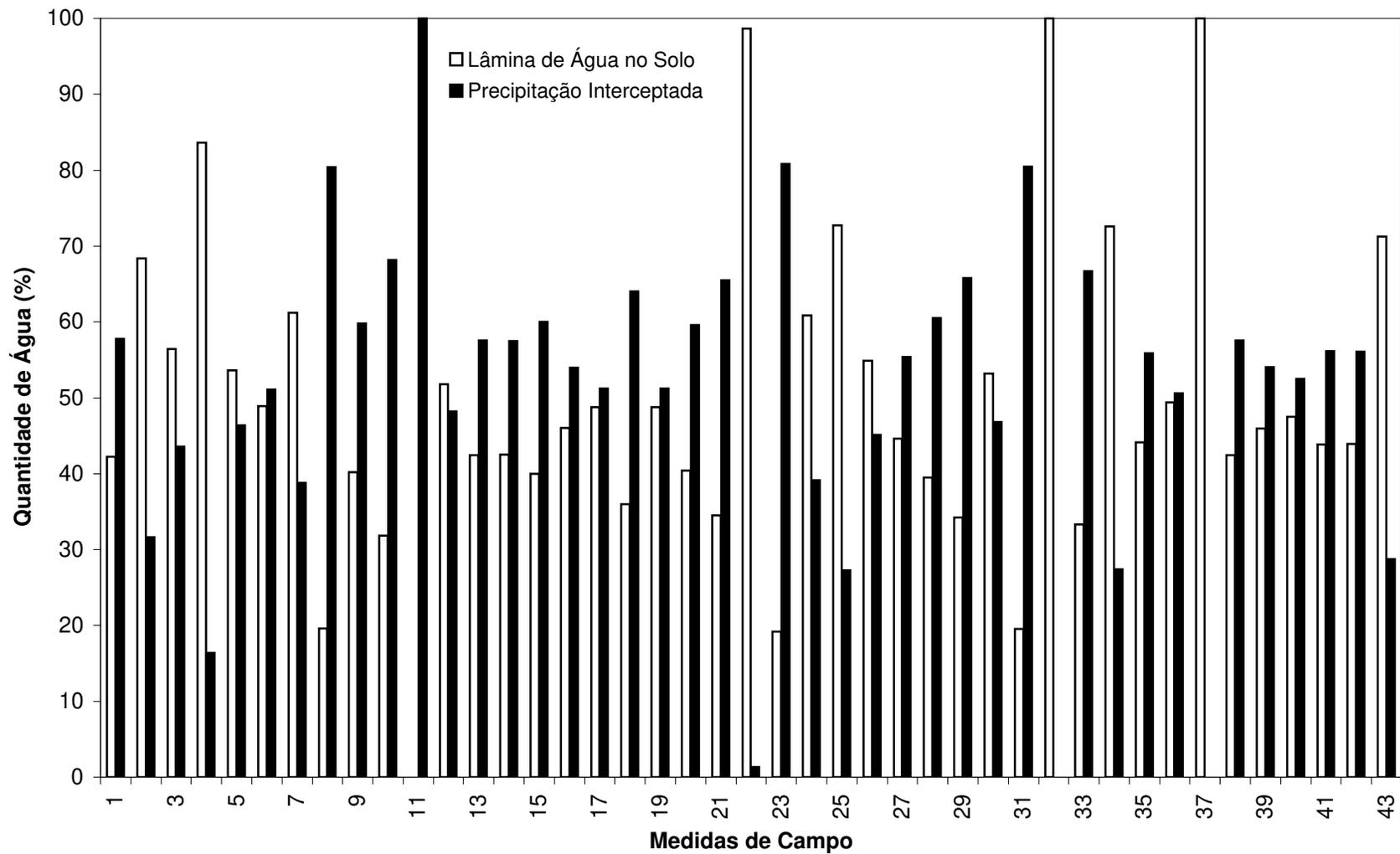
**Figura B24 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 12**



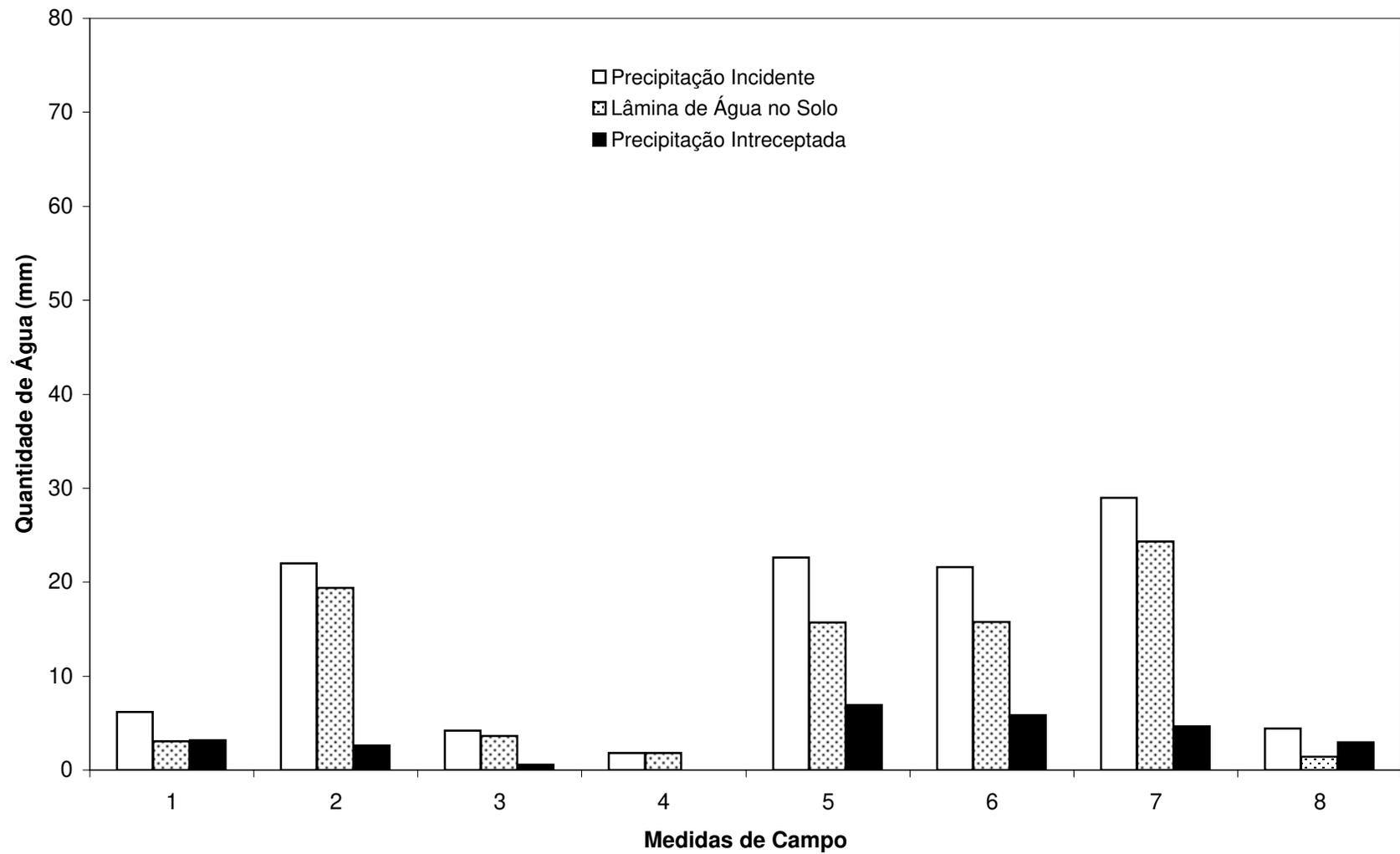
**Figura B25 - VARIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO INCIDENTE, LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 13**



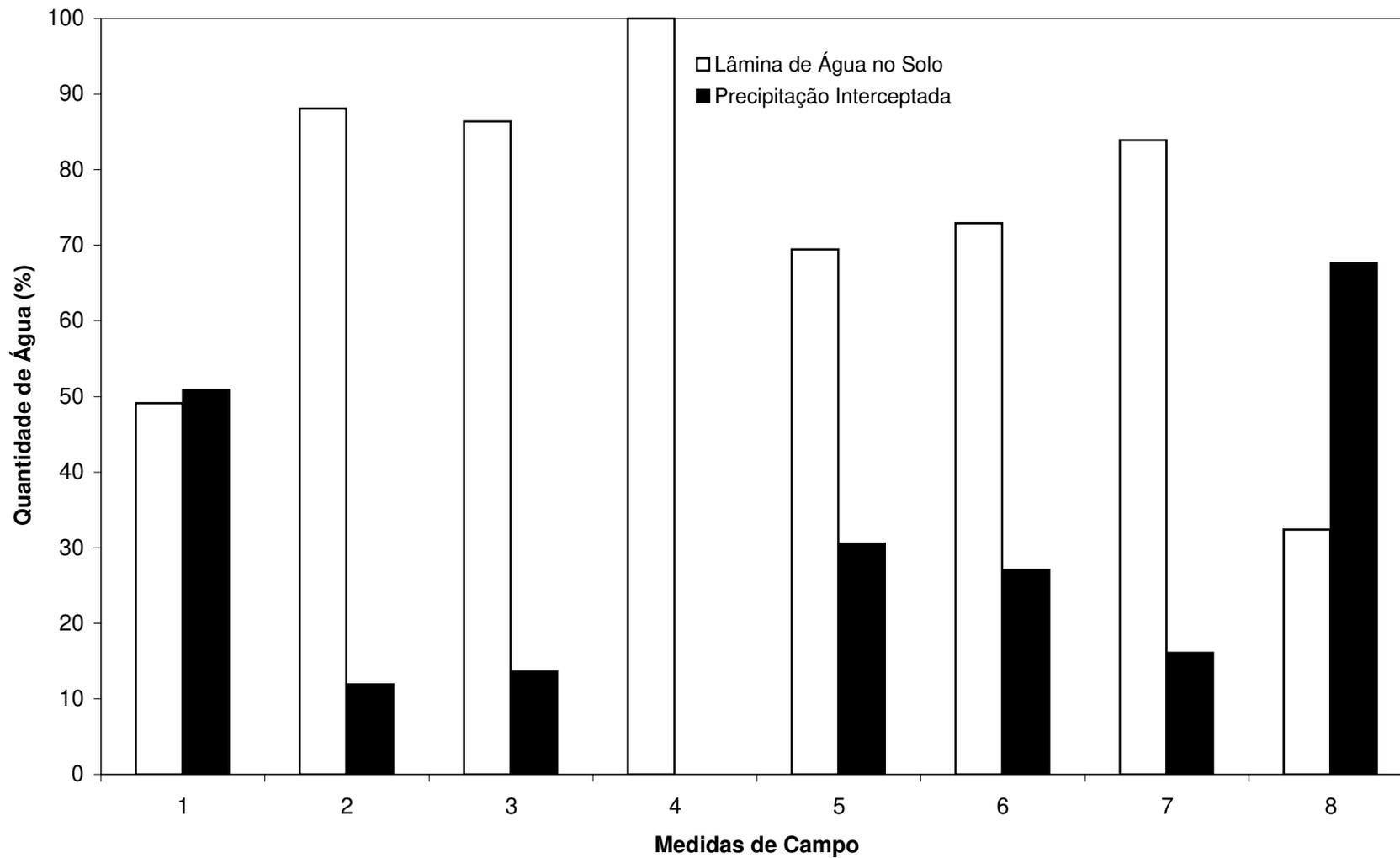
**Figura B26 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 13**



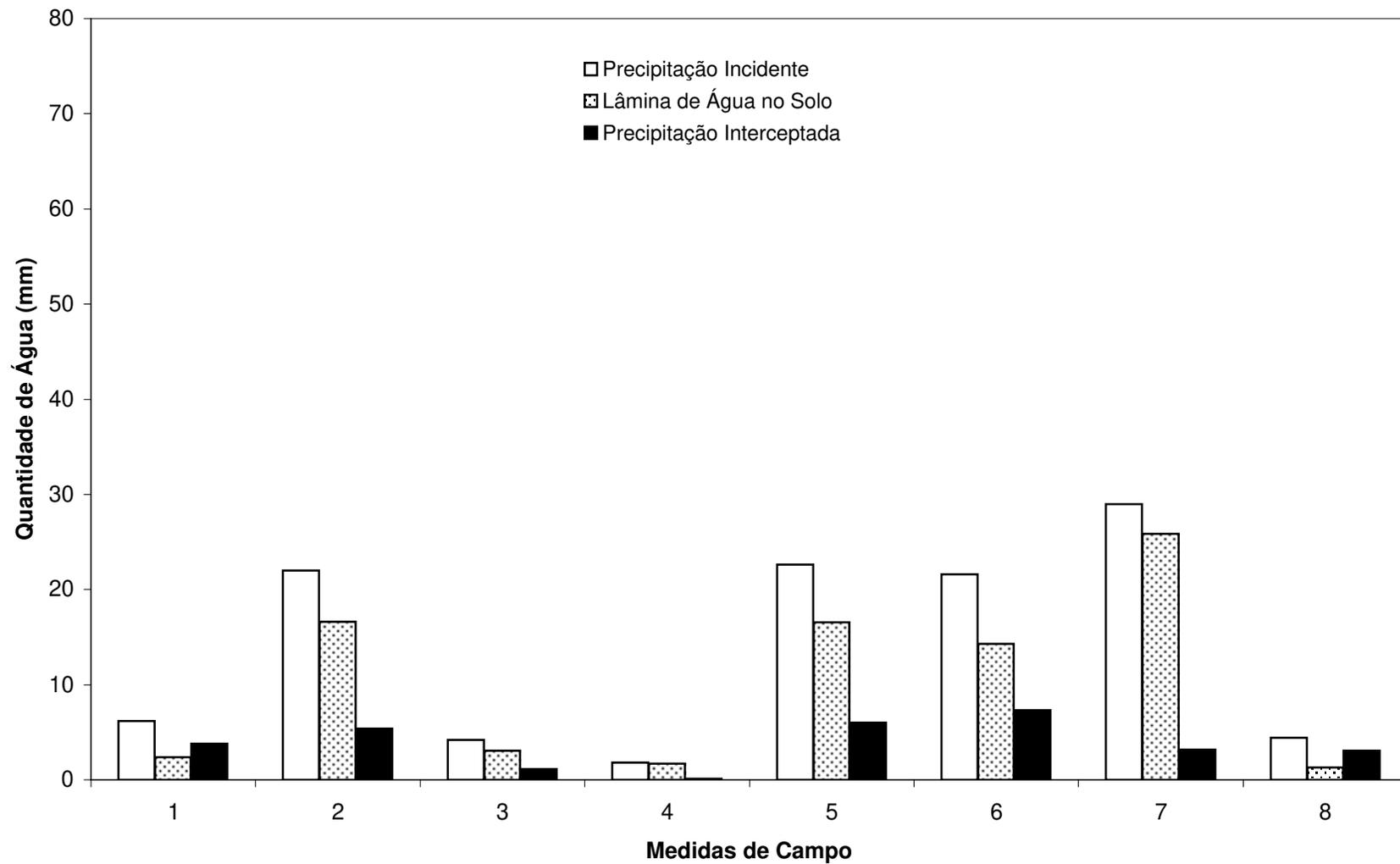
**Figura B27 - VARIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO INCIDENTE, LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 14**



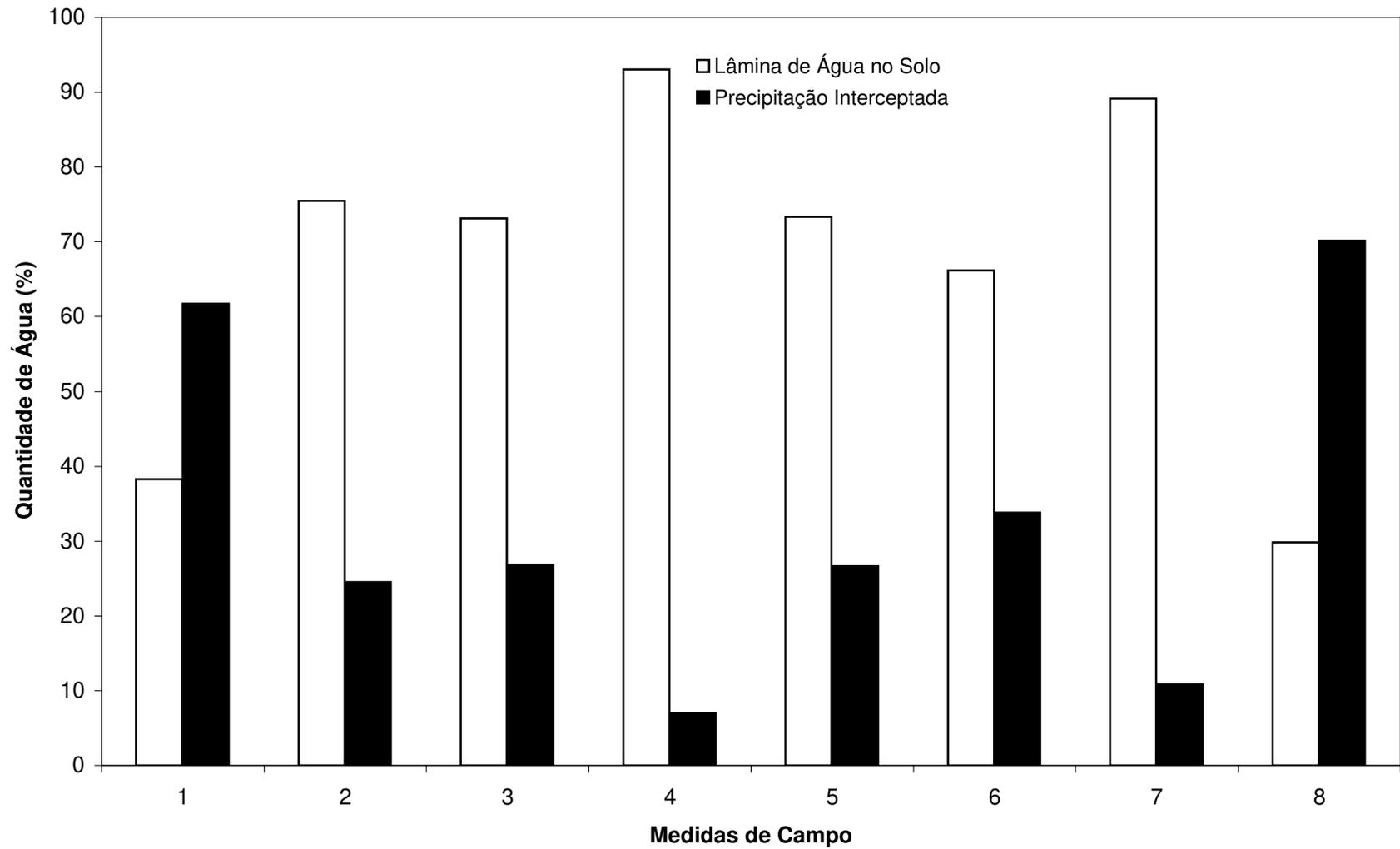
**Figura B28 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 14**



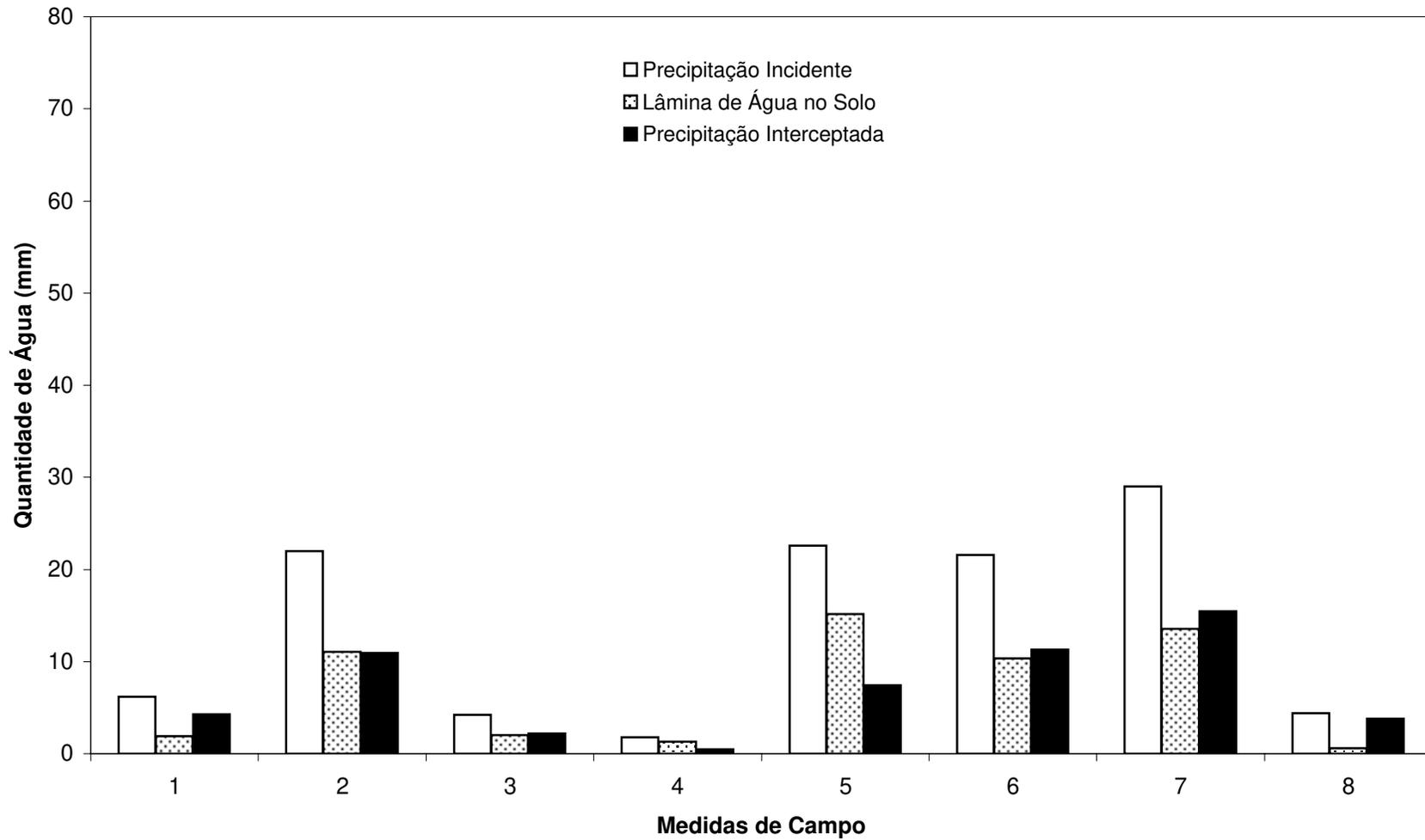
**Figura B29 - VARIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO INCIDENTE, LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 15**



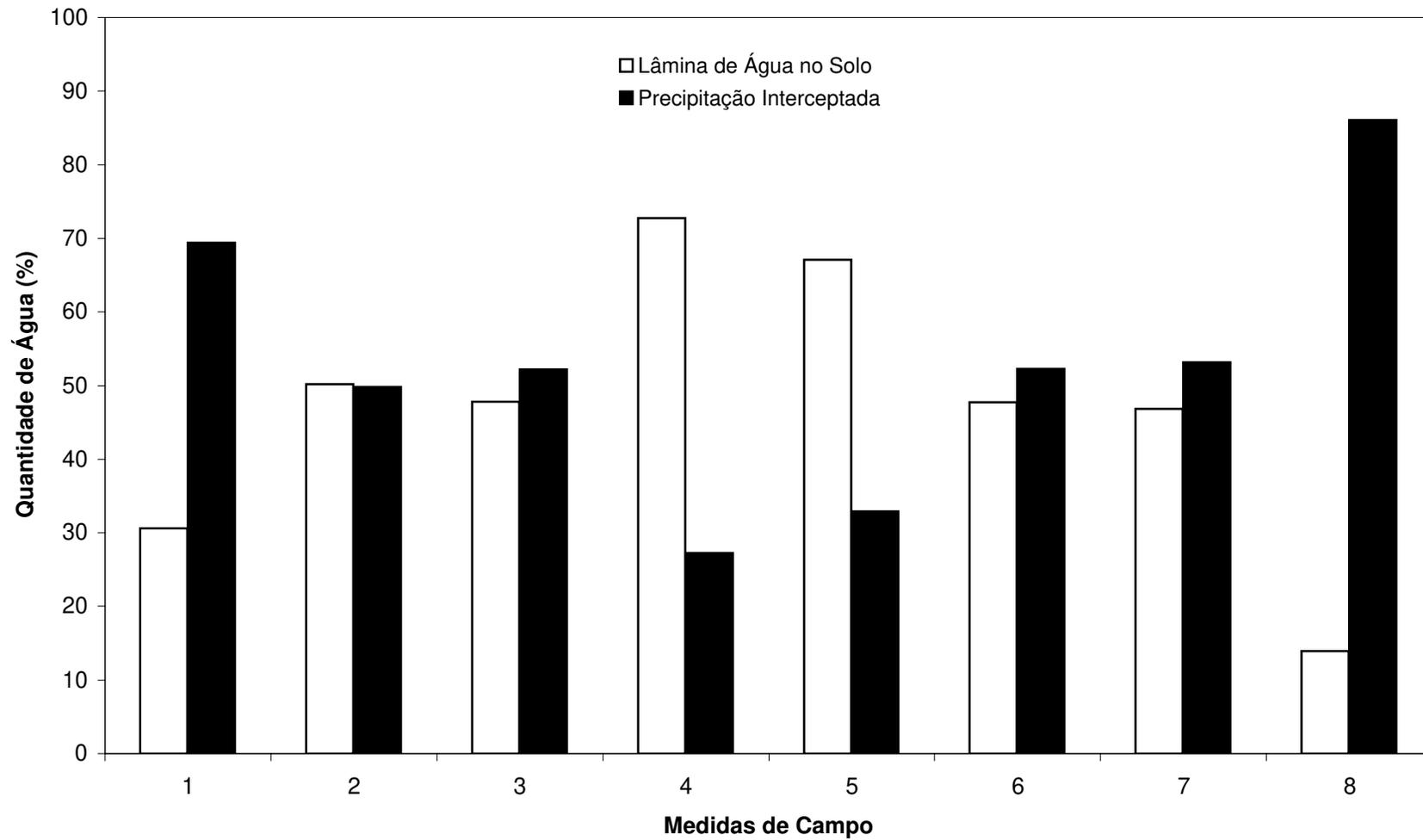
**Figura B30 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 15**



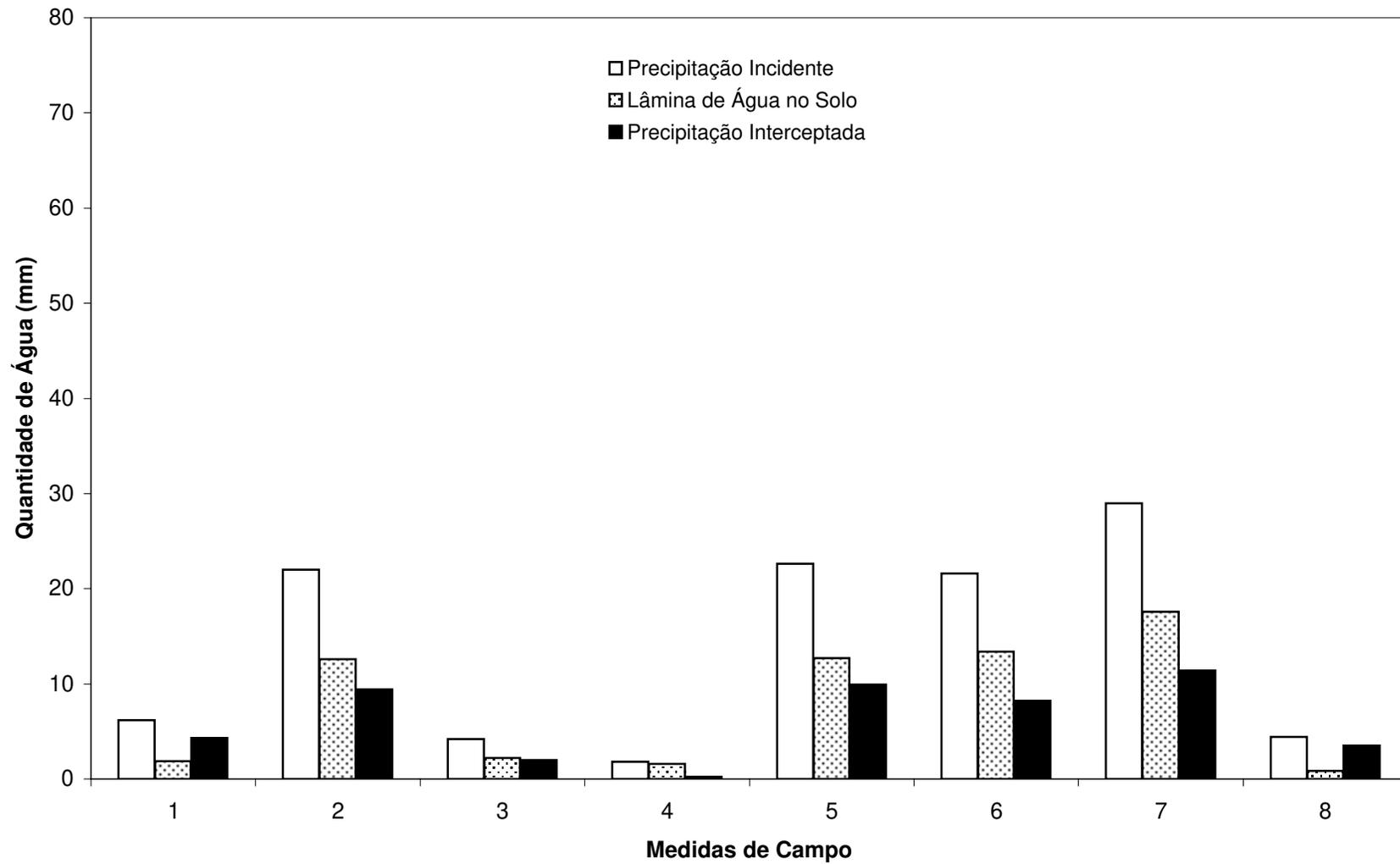
**Figura B31 - VARIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO INCIDENTE, LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 16**



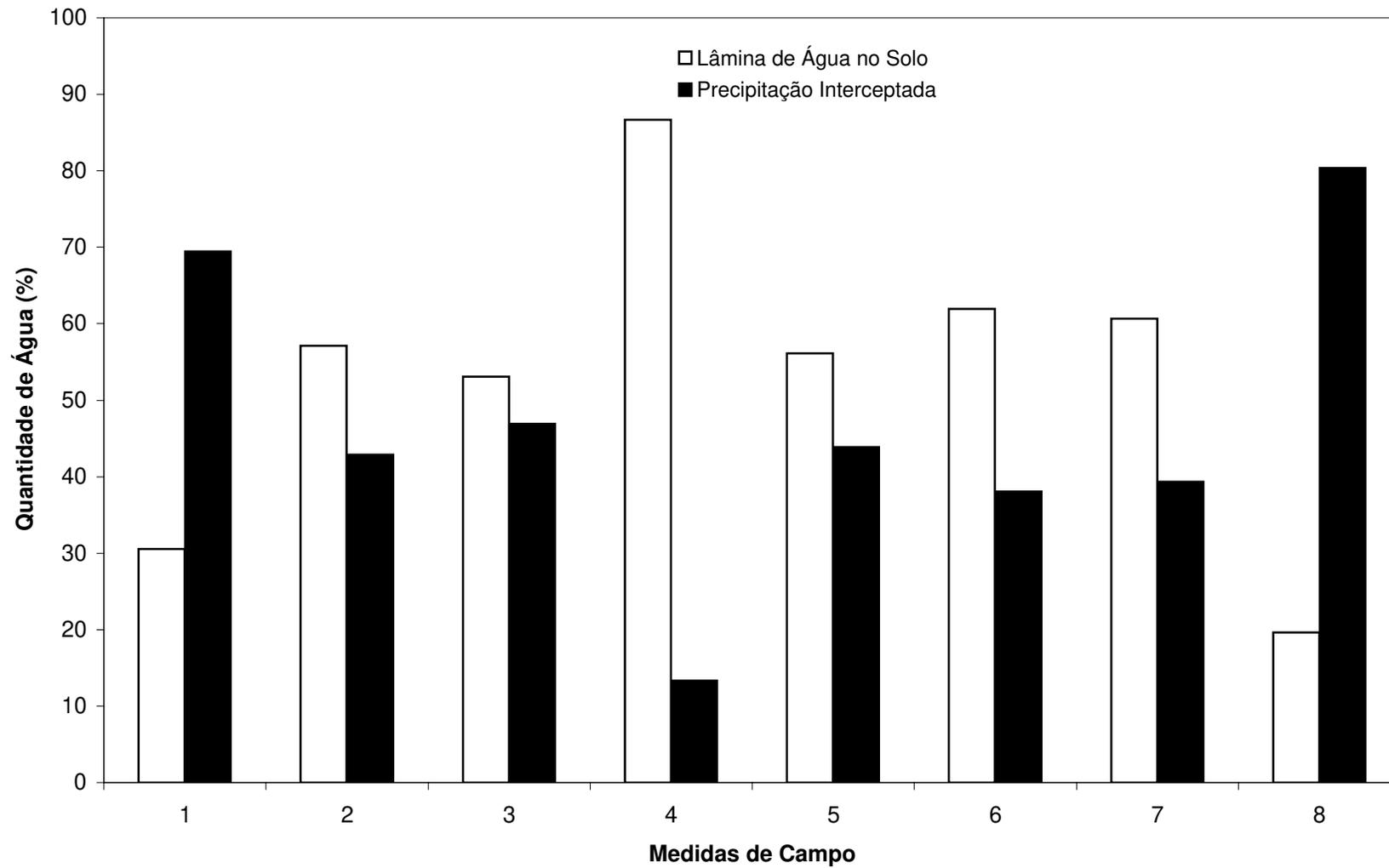
**Figura B32 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 16**



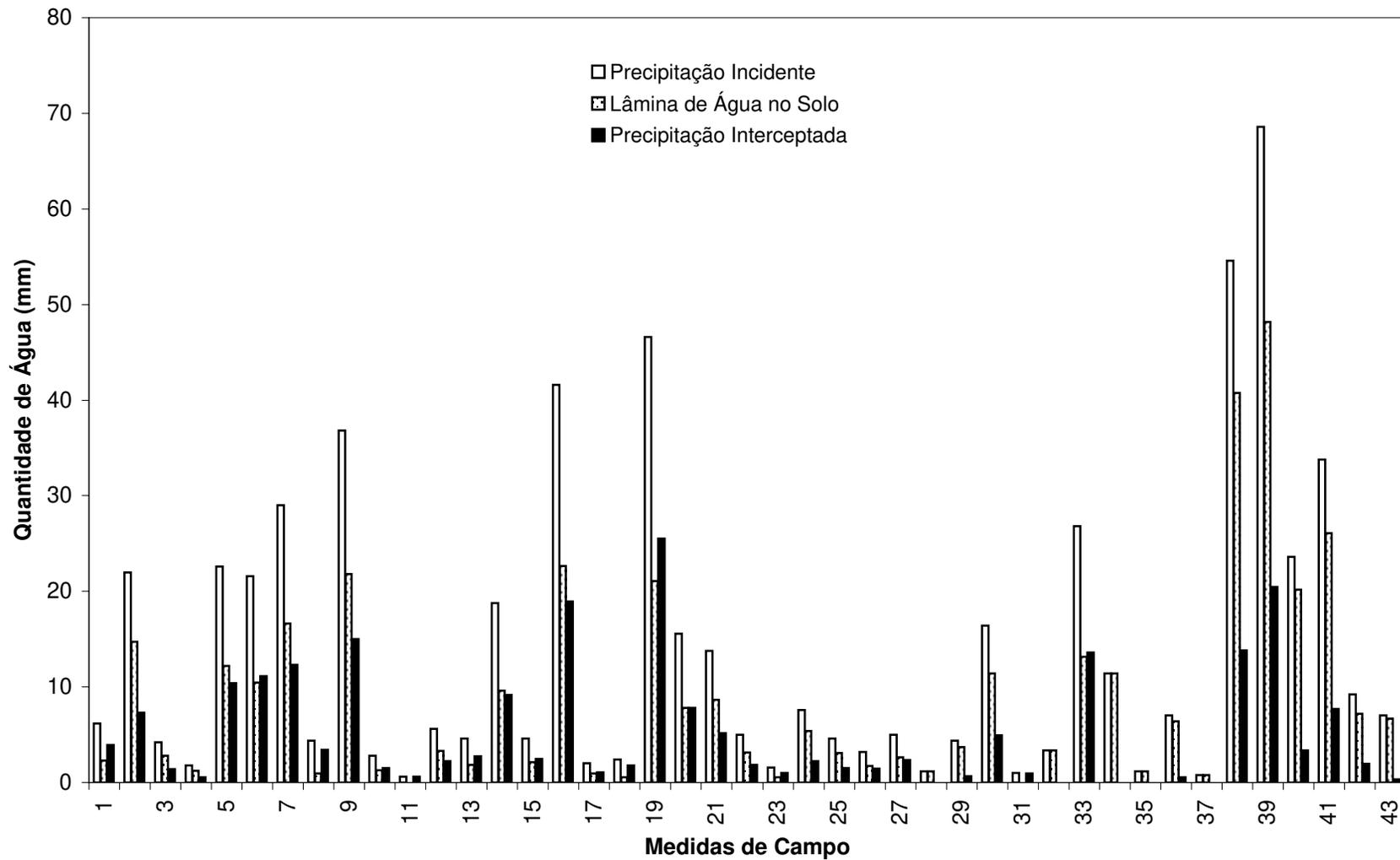
**Figura B33 - VARIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO INCIDENTE, LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 17**



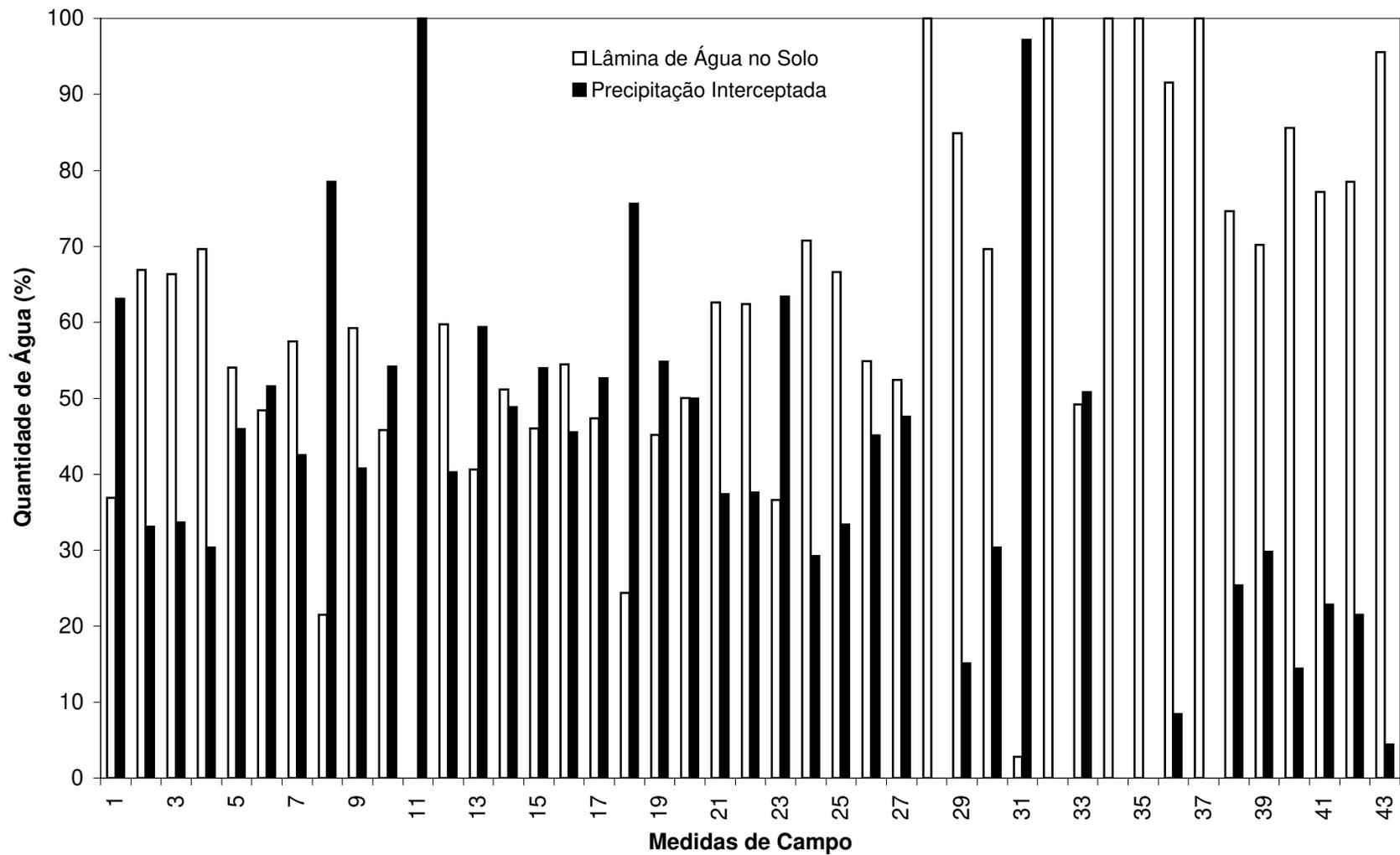
**Figura B34 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 17**



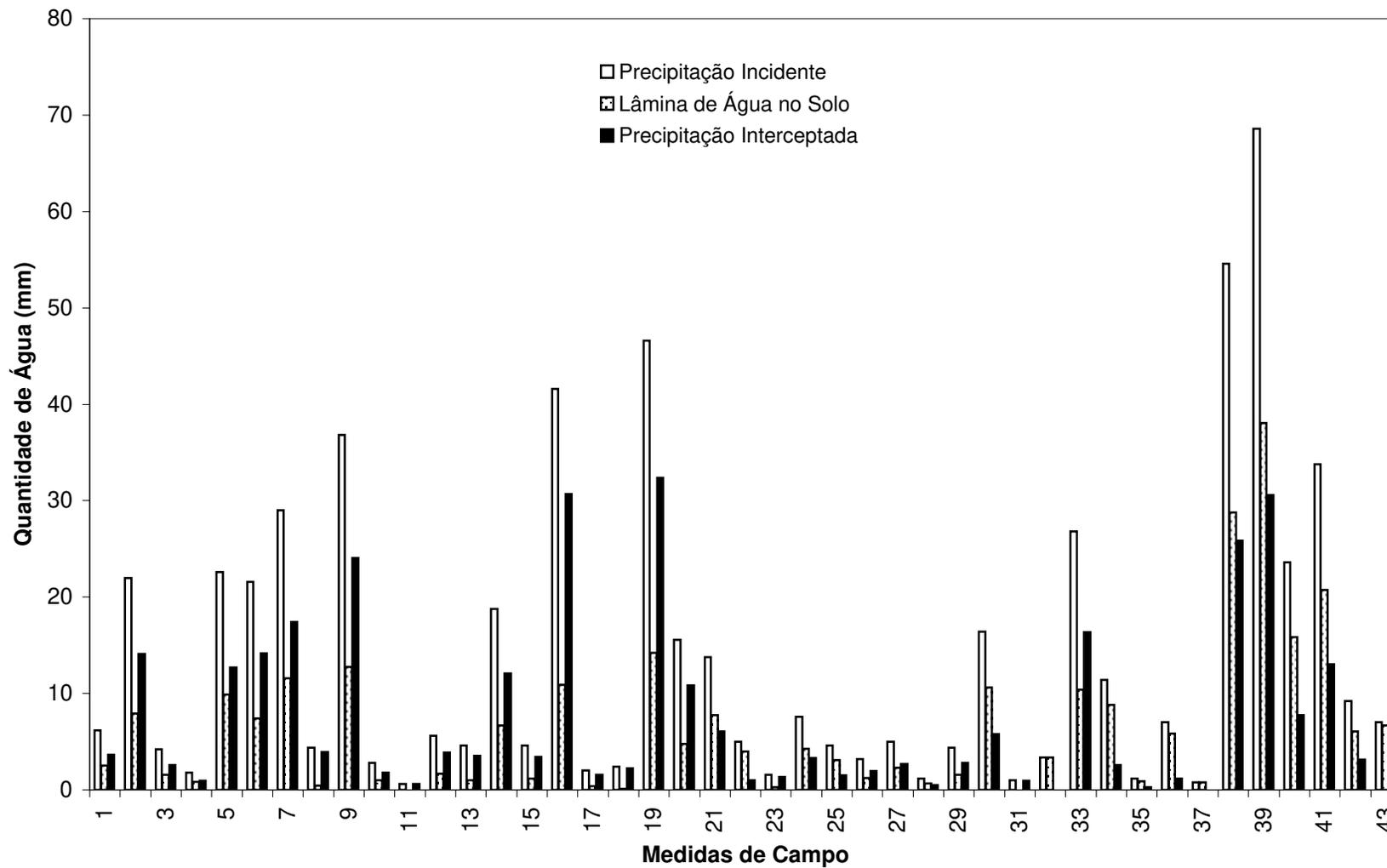
**Figura B35 - VARIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO INCIDENTE, LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 18**



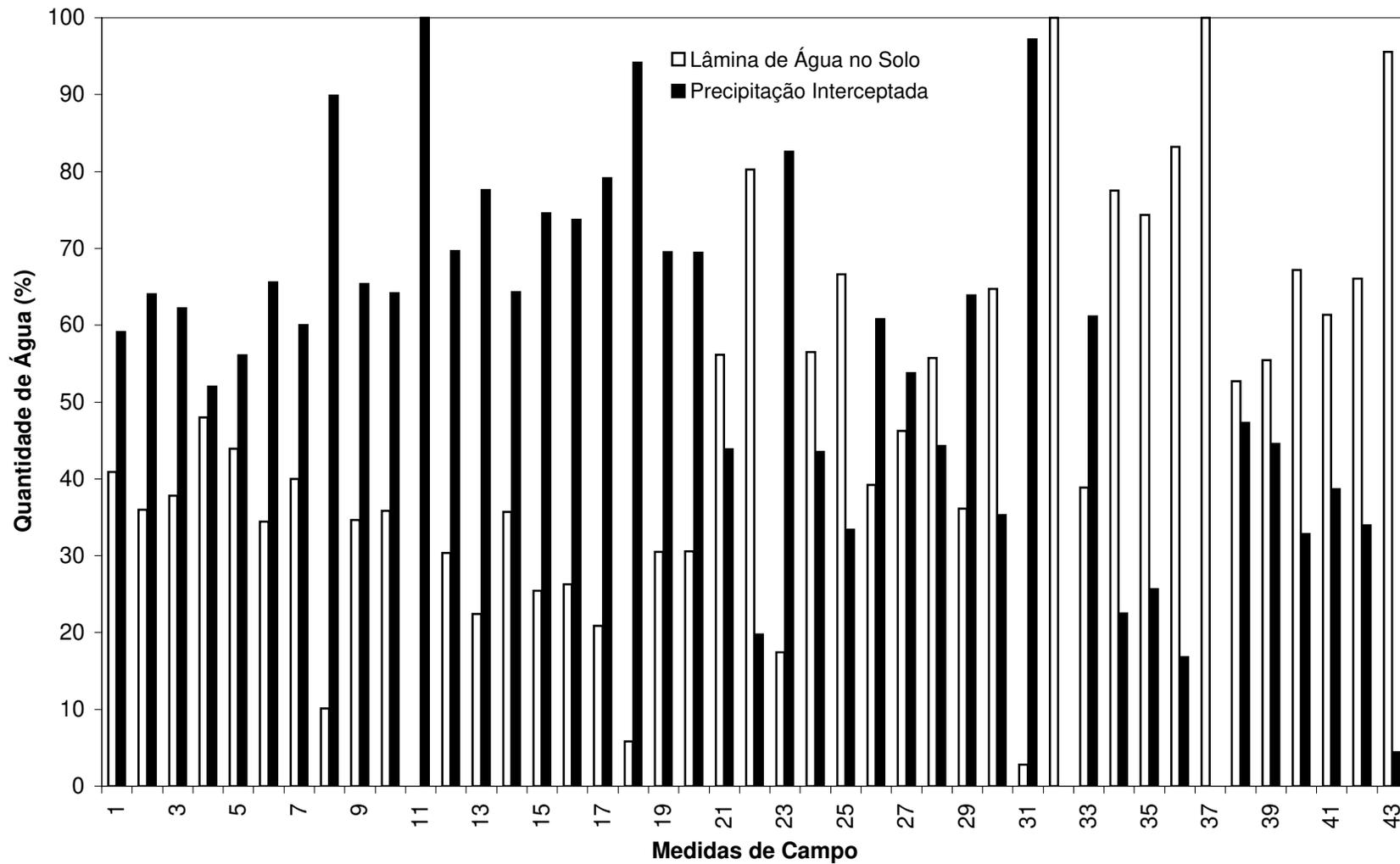
**Figura B36 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 18**



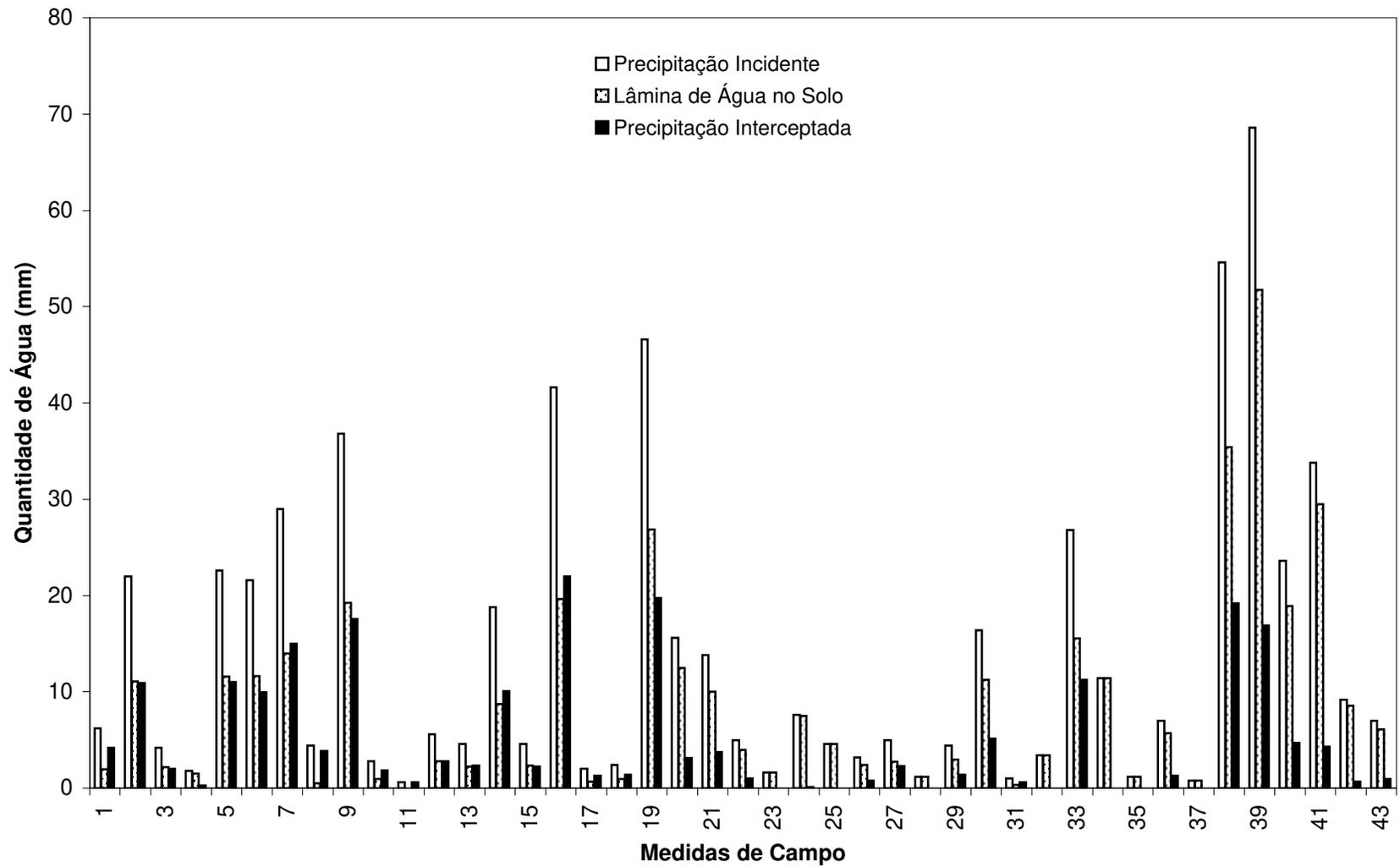
**Figura B37 - VARIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO INCIDENTE, LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 19**



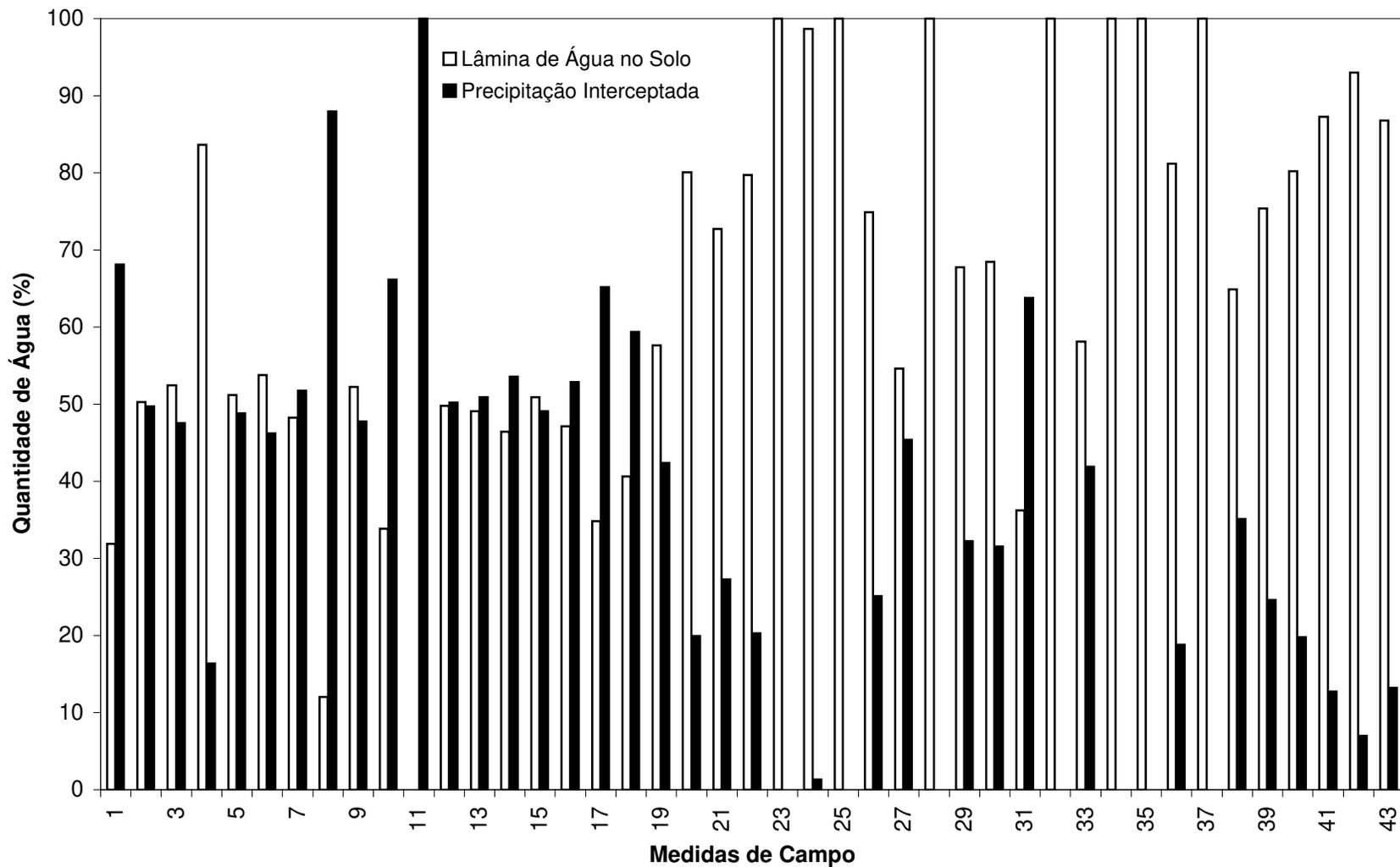
**Figura B38 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 19**



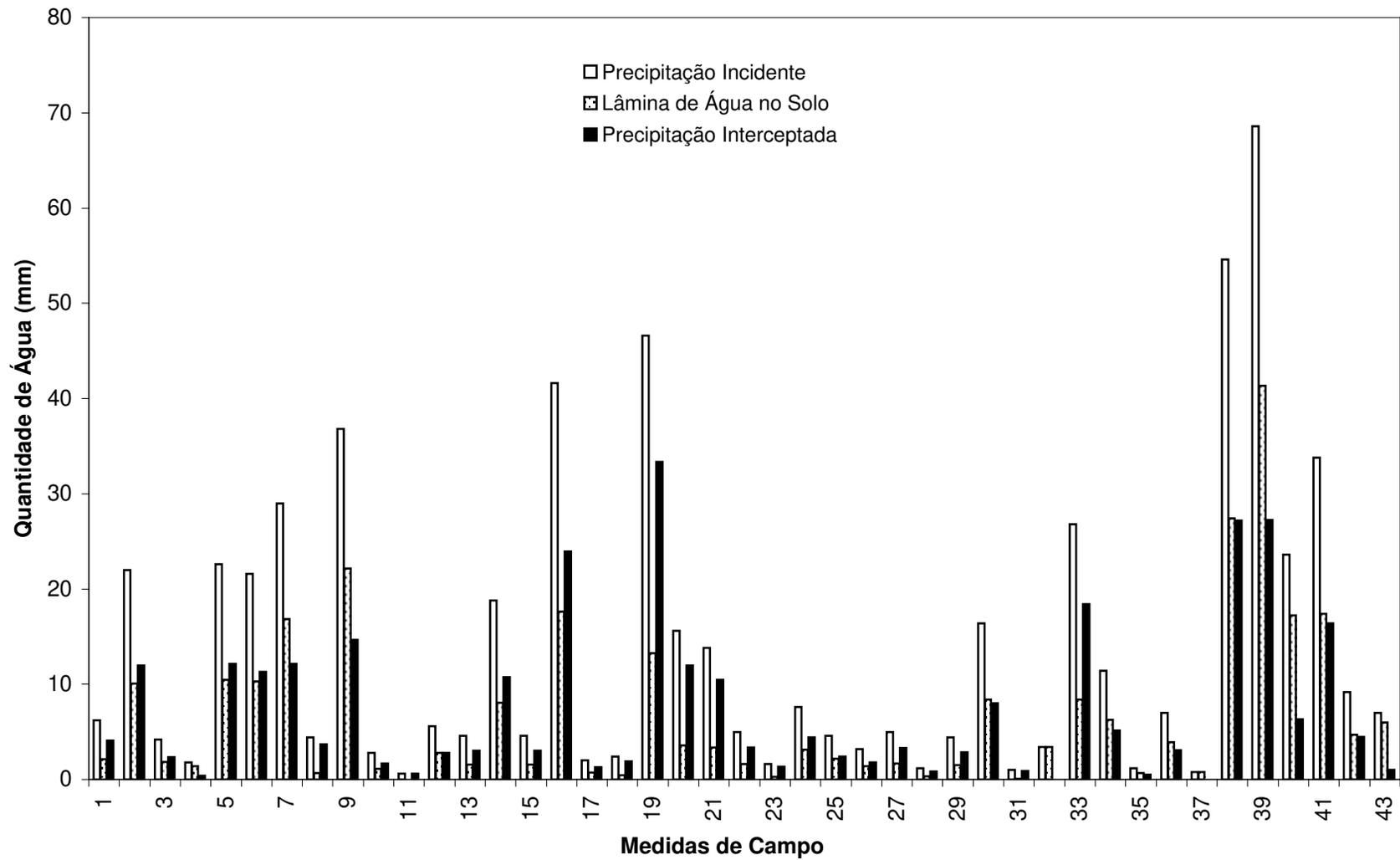
**Figura B39 - VARIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO INCIDENTE, LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 20**



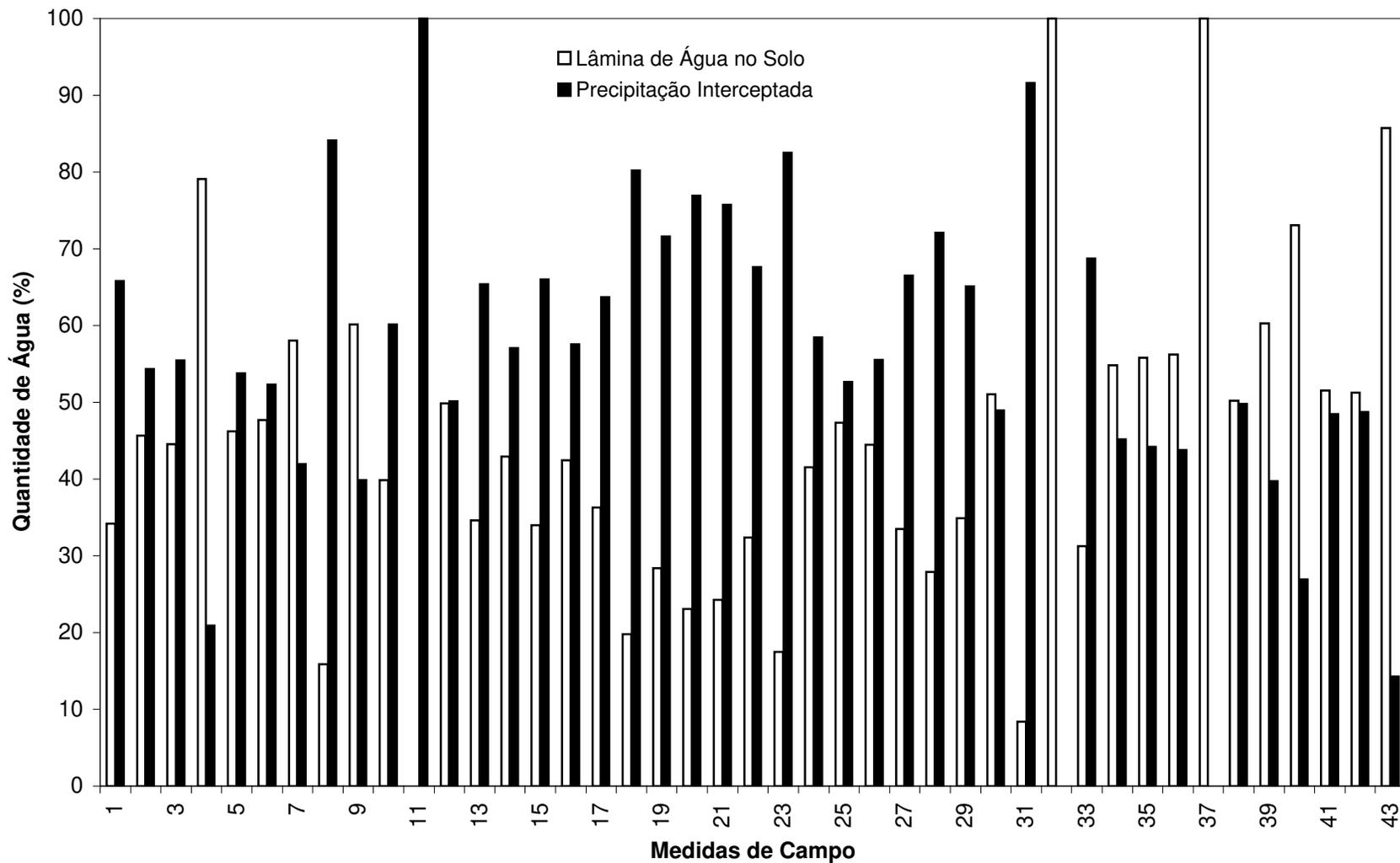
**Figura B40 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 20**



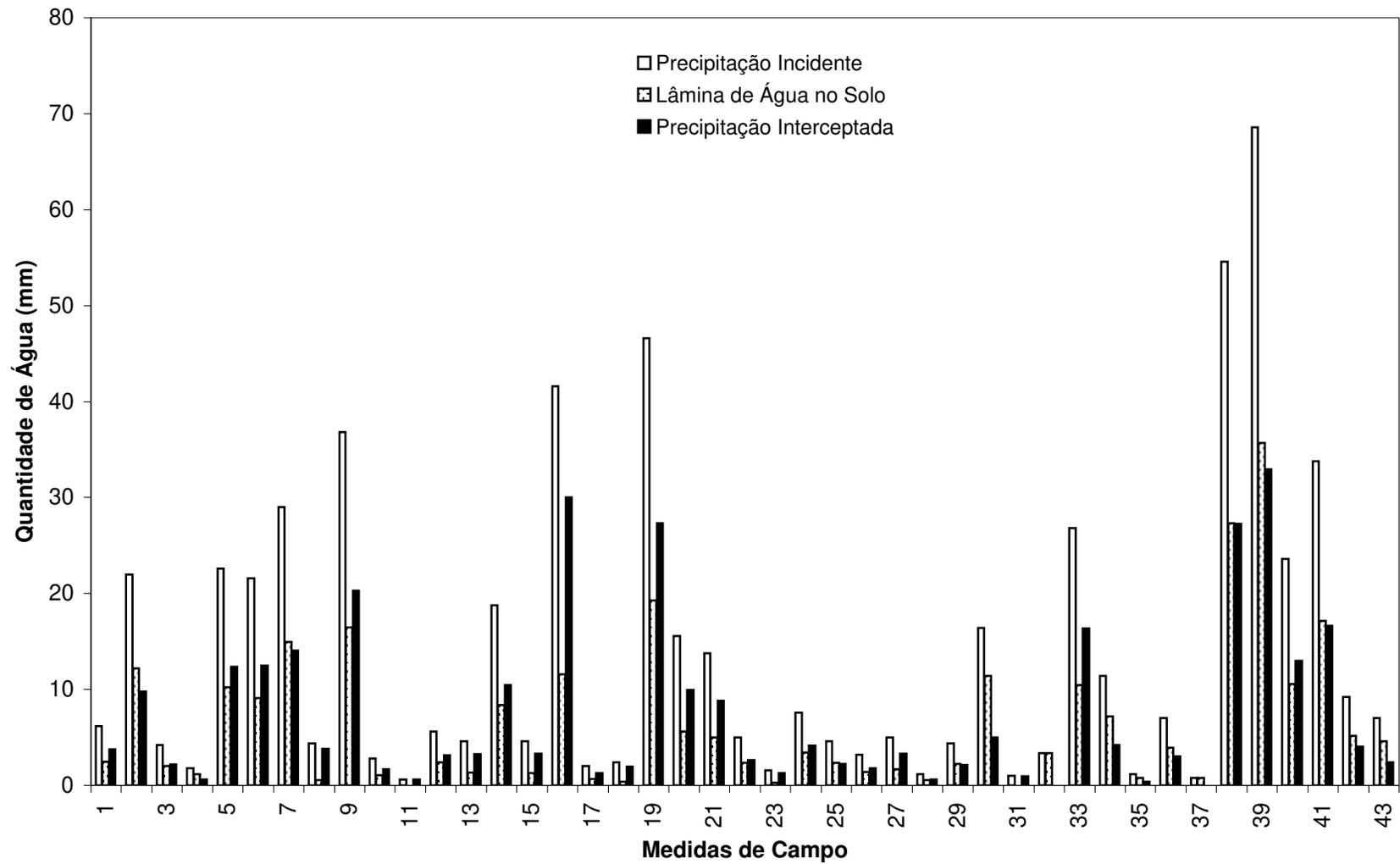
**Figura B41 - VARIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO INCIDENTE, LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 21**



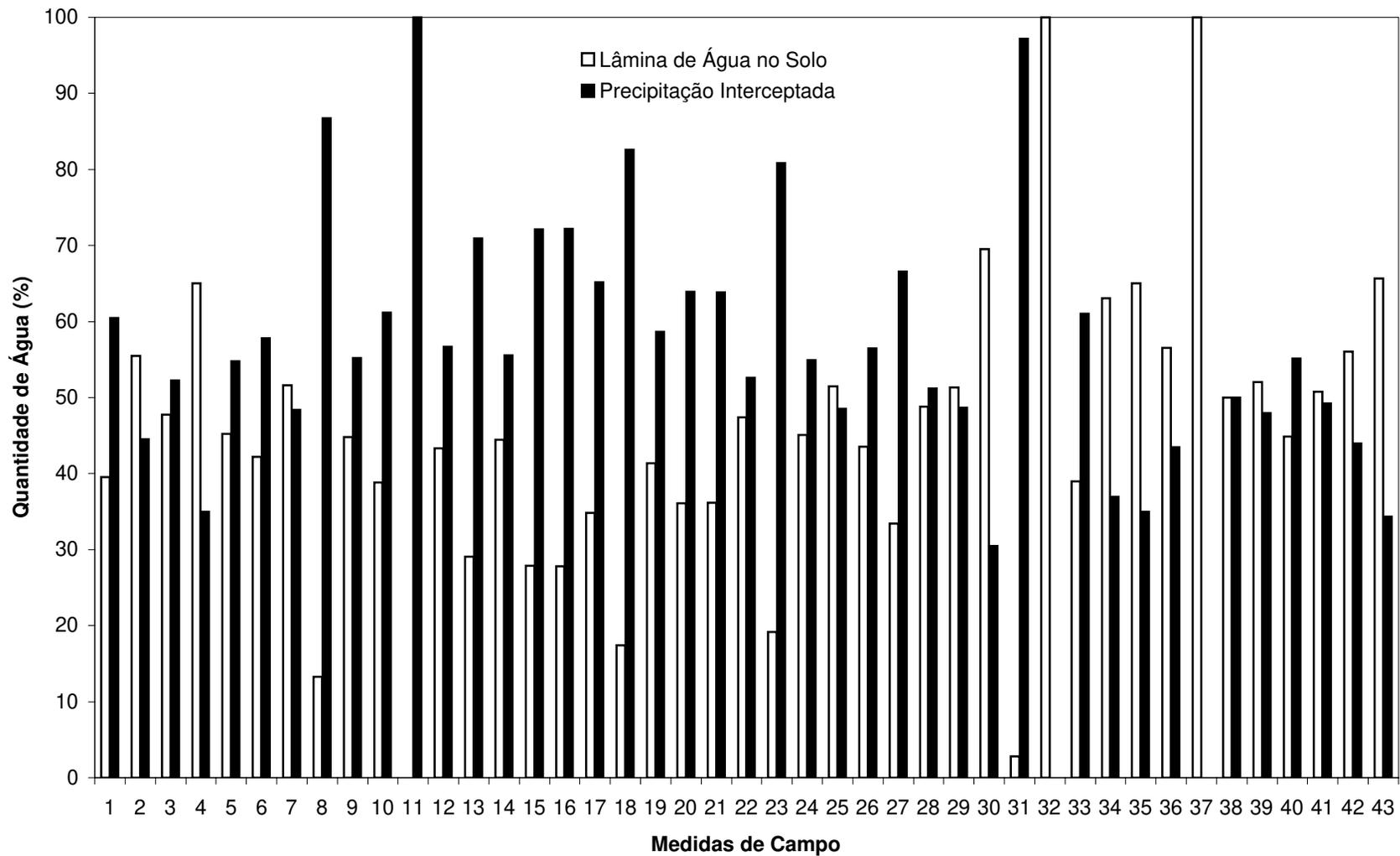
**Figura B42 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 21**



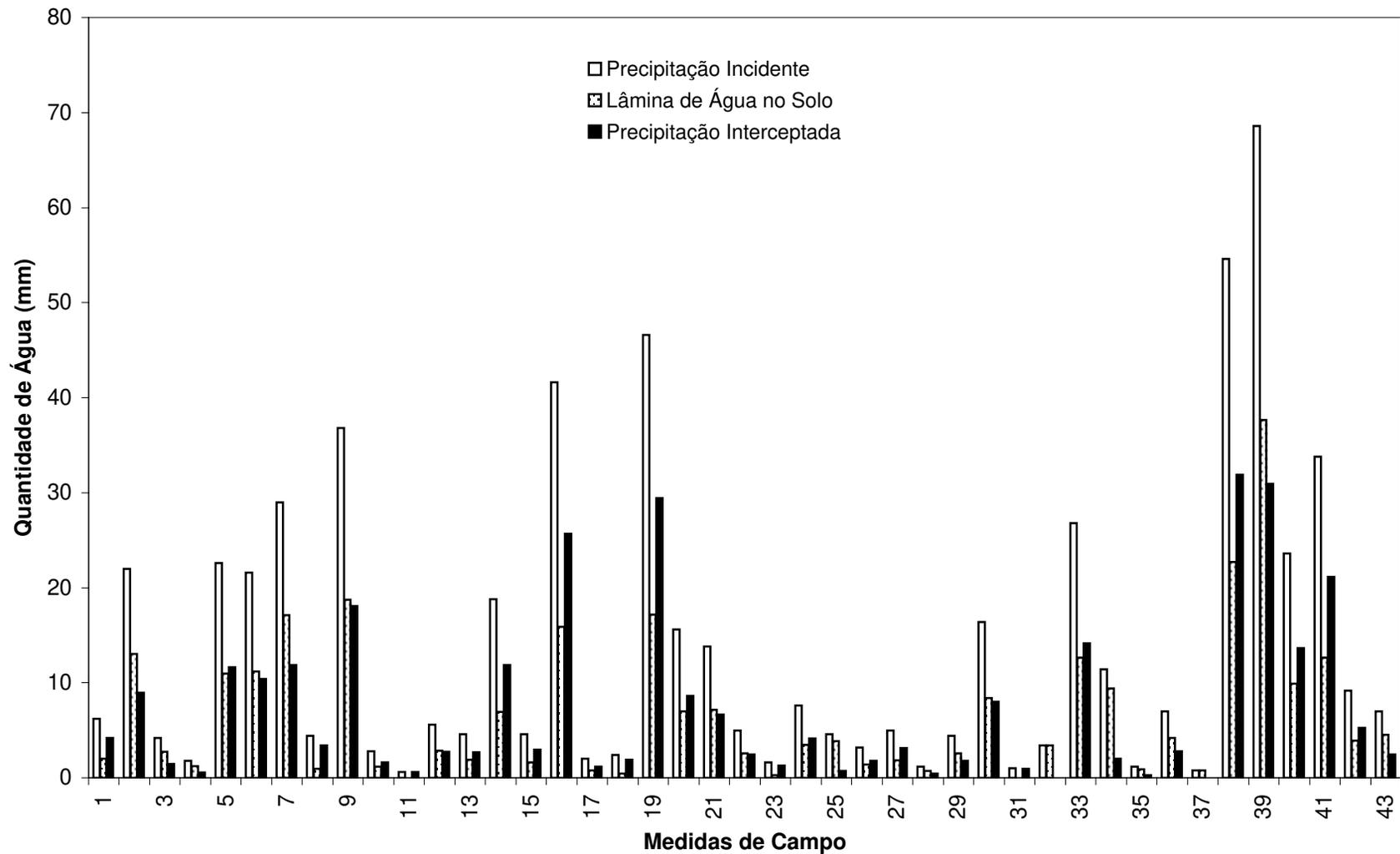
**Figura B43 - VARIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO INCIDENTE, LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 22**



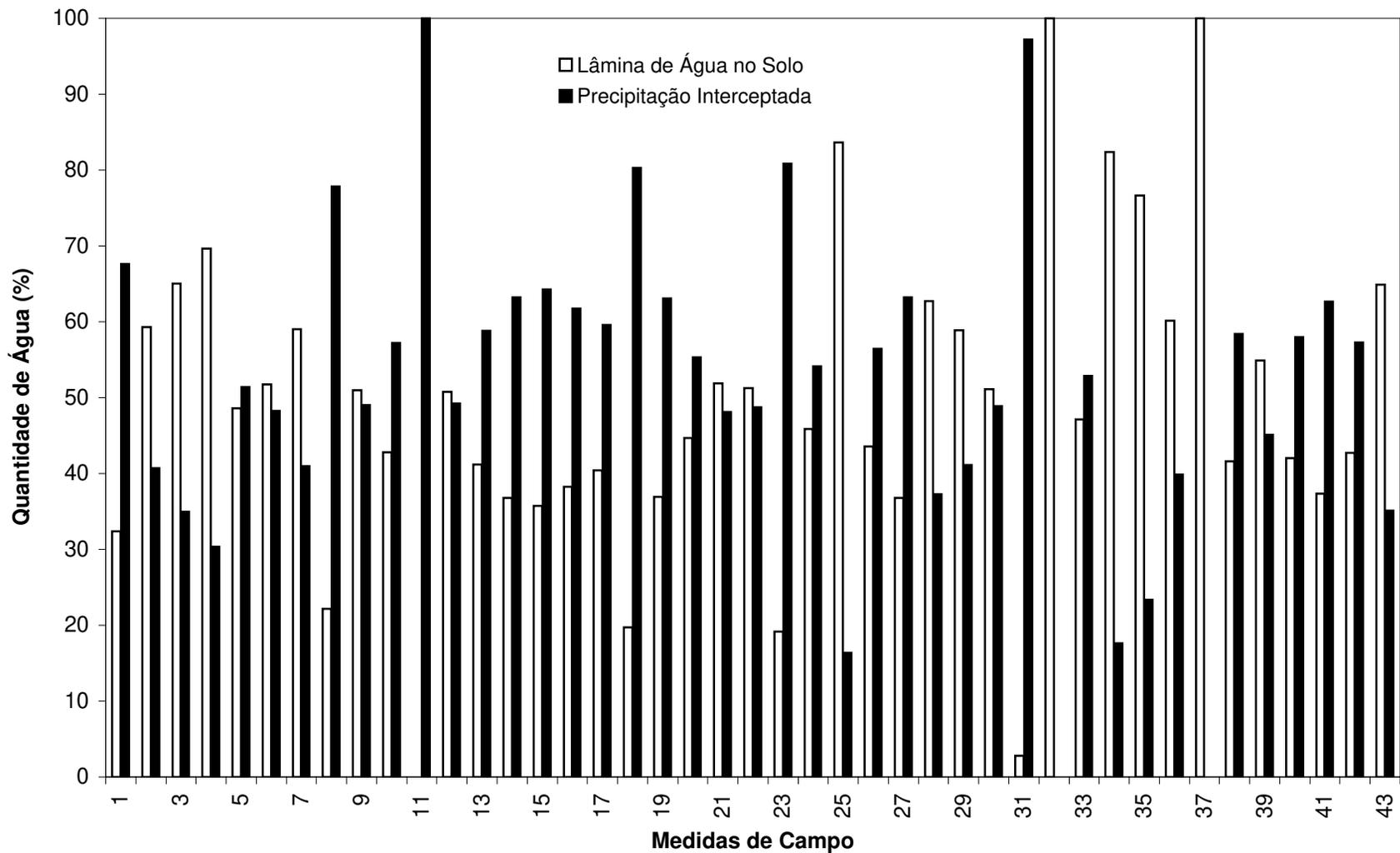
**Figura B44 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 22**



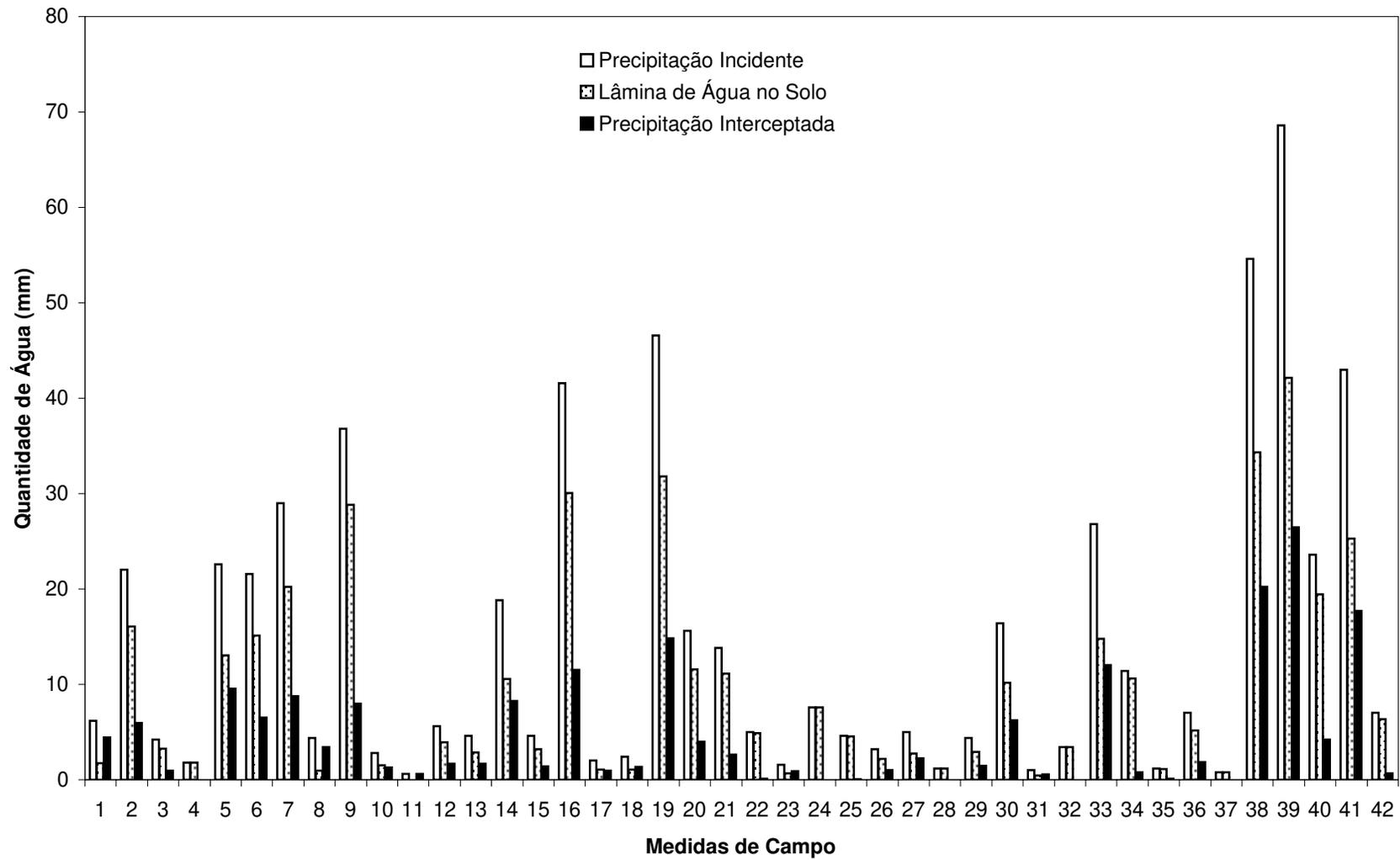
**Figura B45 - VARIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO INCIDENTE, LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 23**



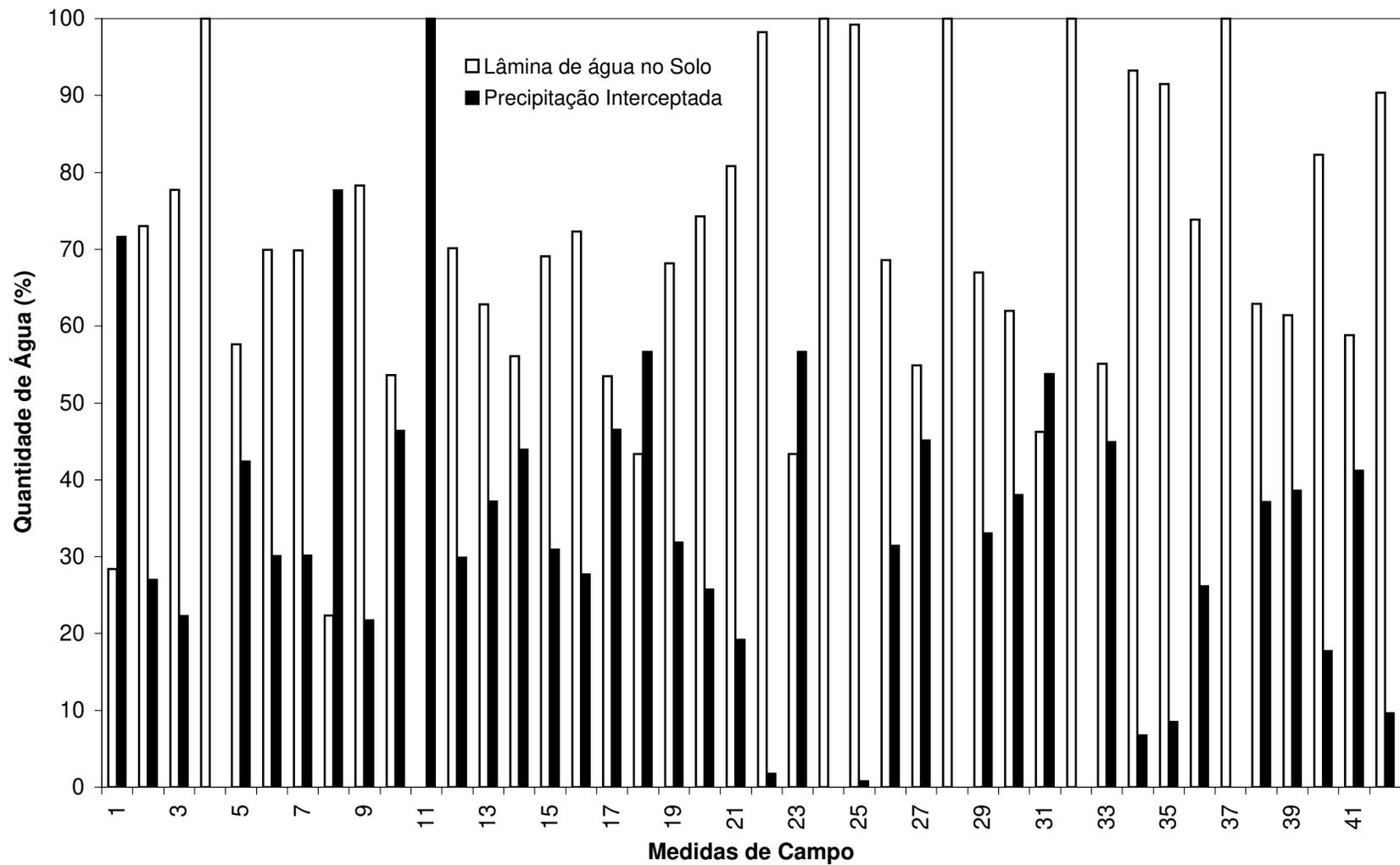
**Figura B46 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 23**



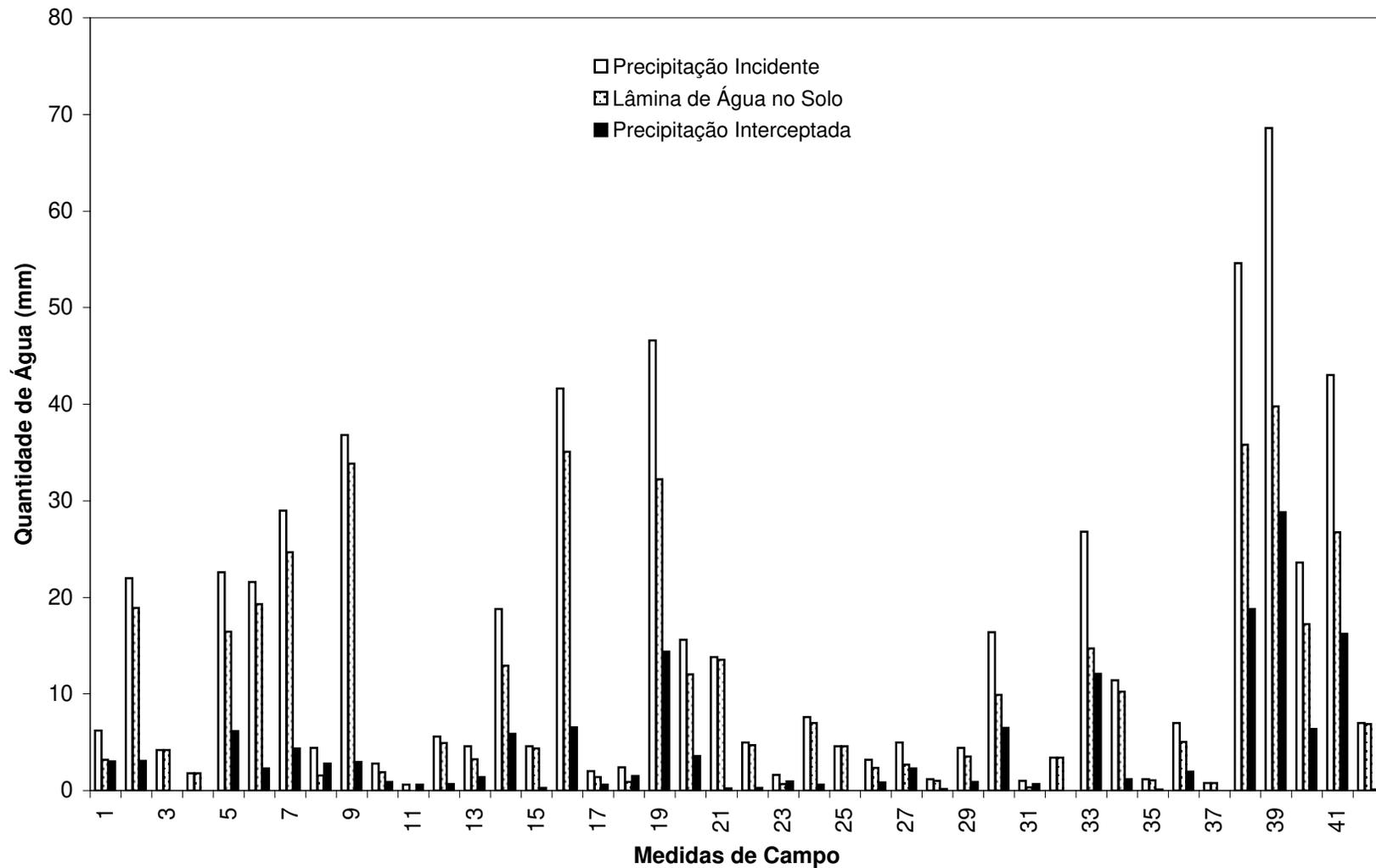
**Figura B47 - VARIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO INCIDENTE, LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 24**



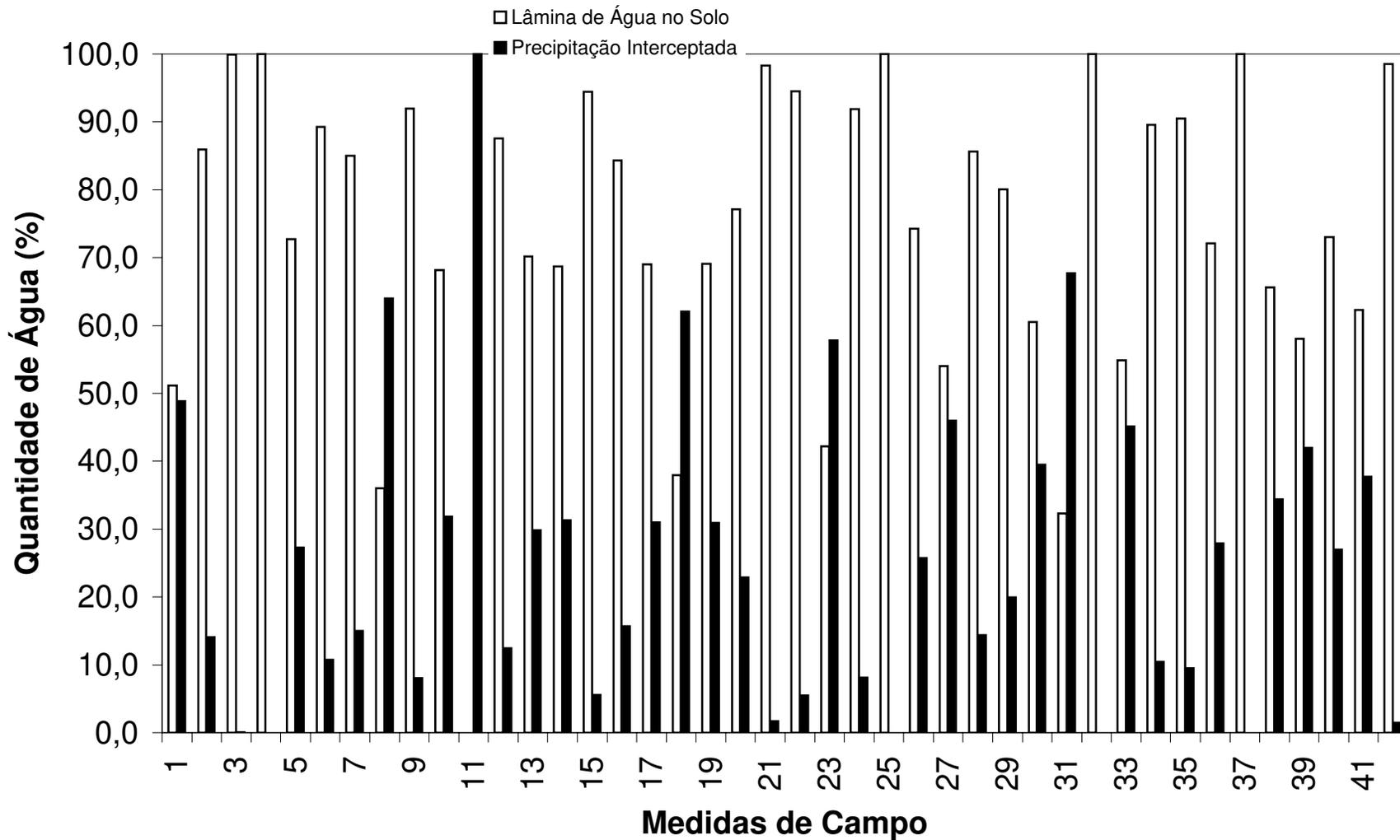
**Figura B48 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 24**



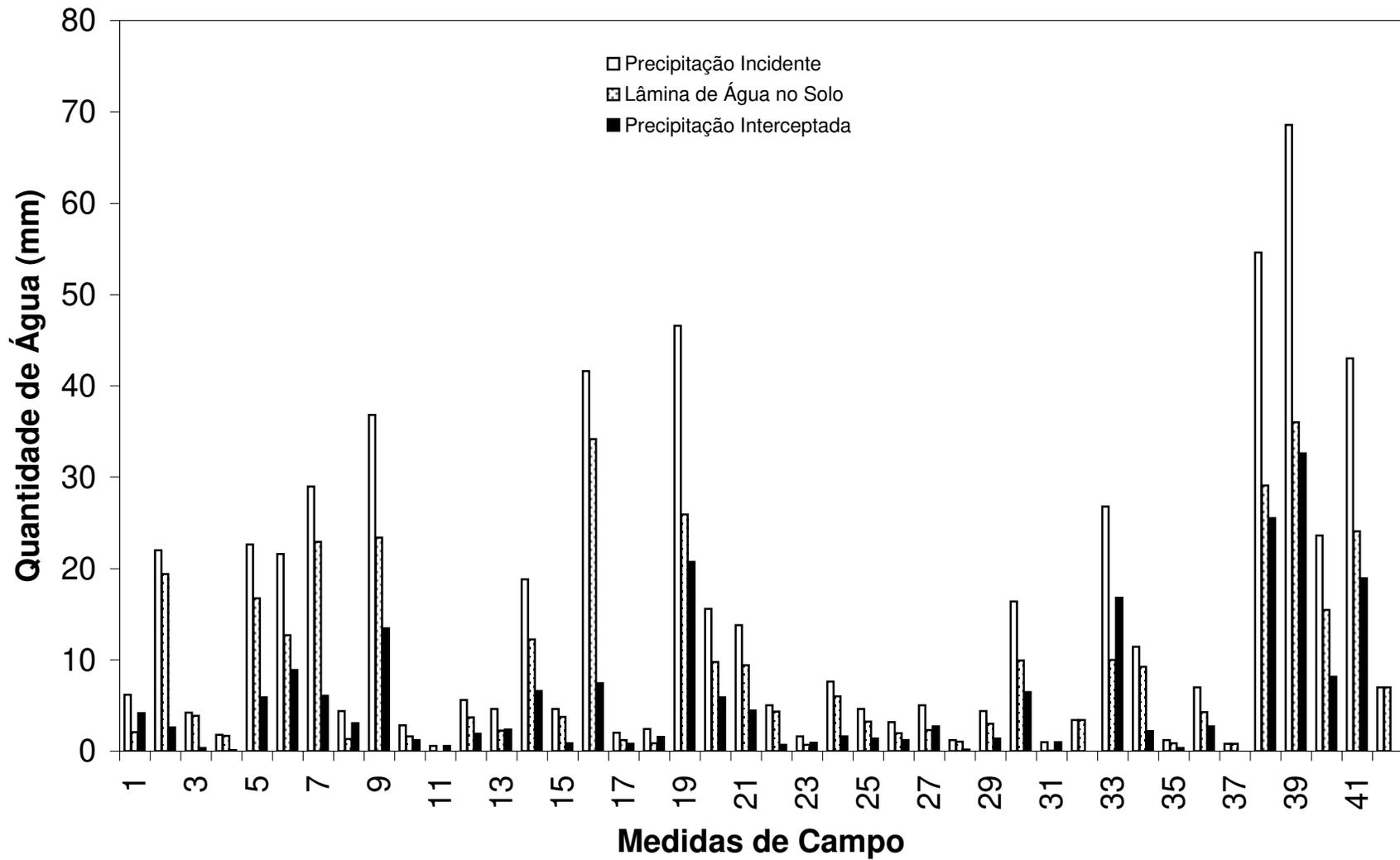
**Figura B49 - VARIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO INCIDENTE, LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 25**



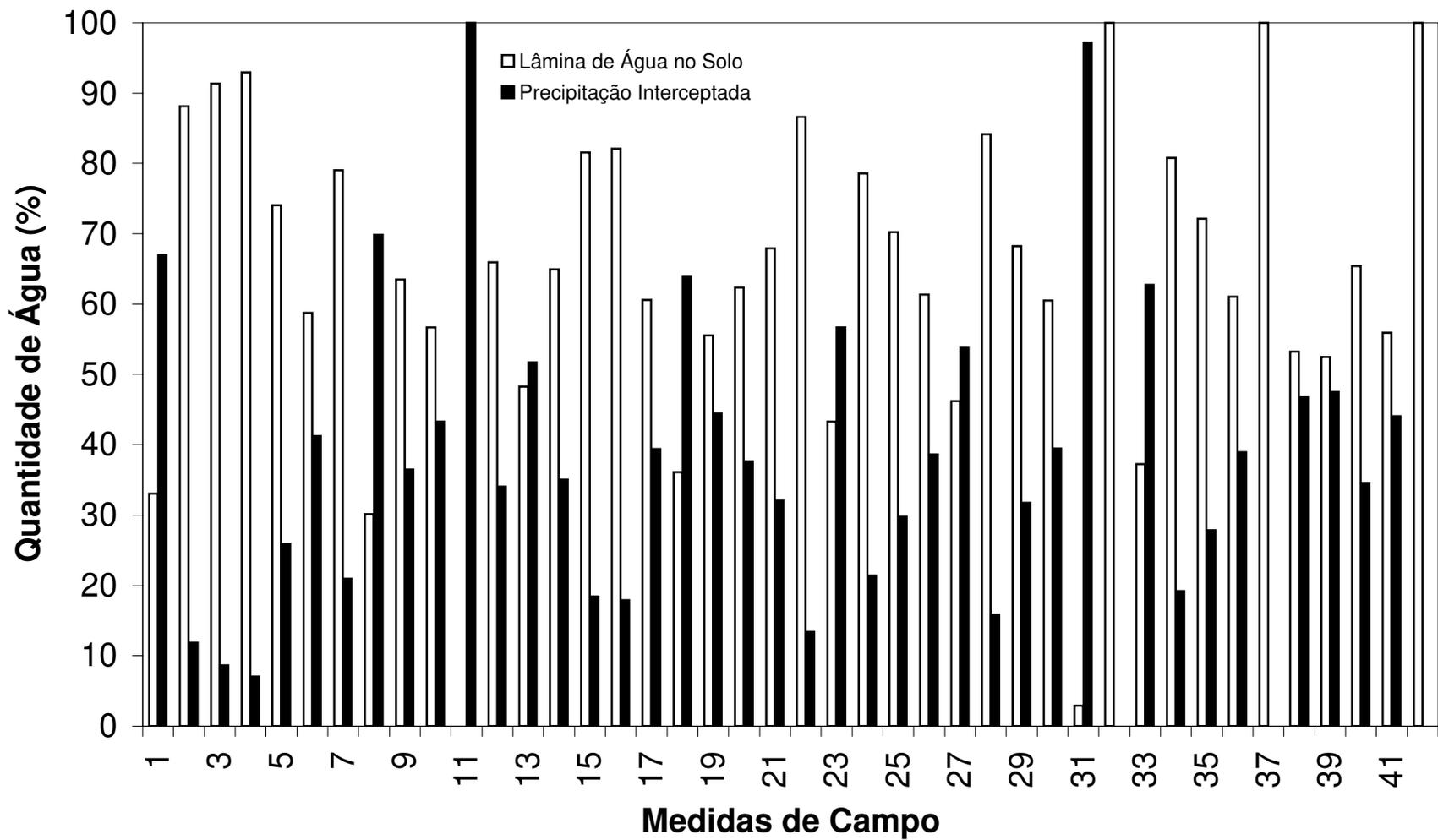
**Figura B50 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 25**



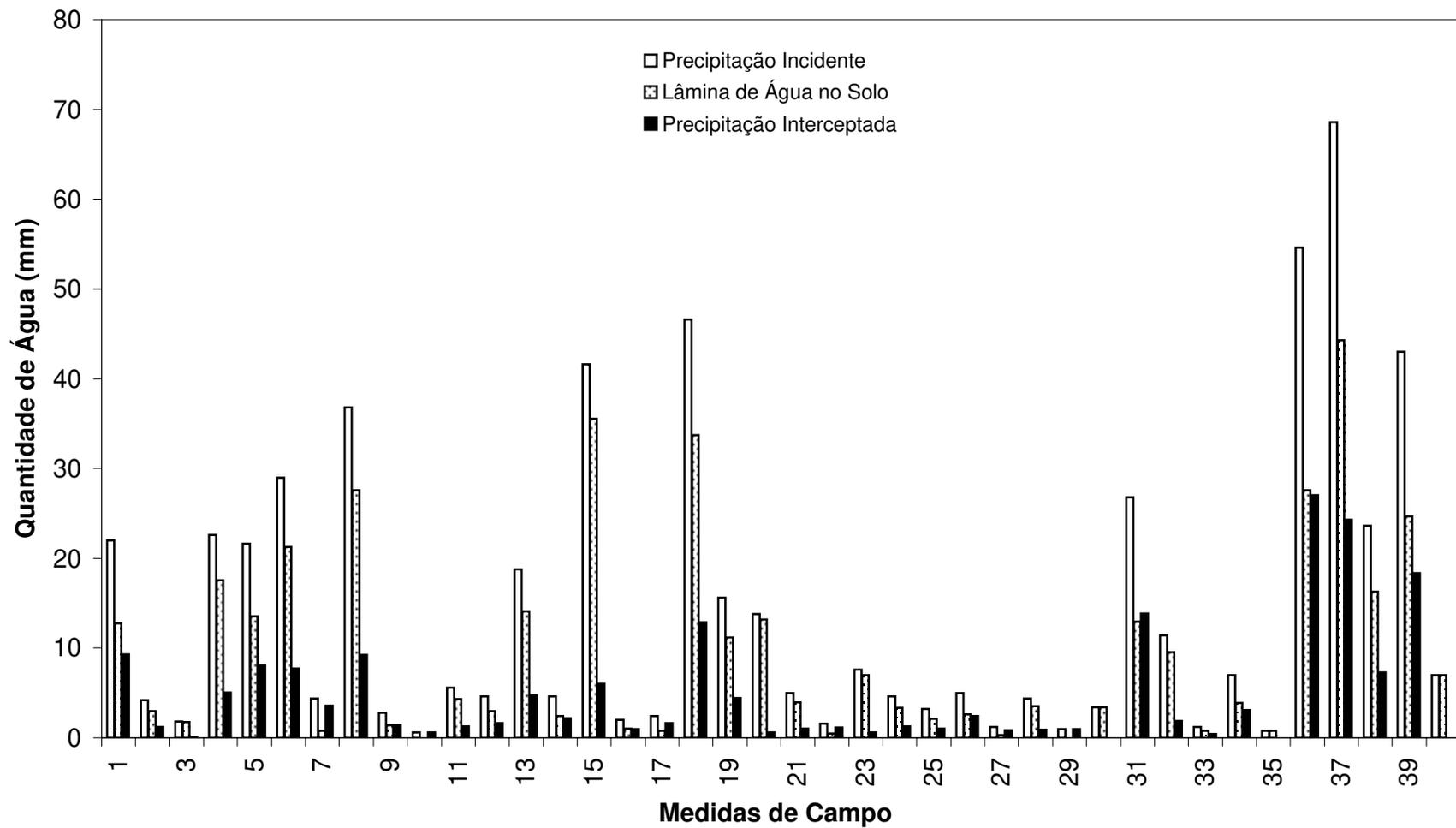
**Figura B51 - VARIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO INCIDENTE, LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 26**



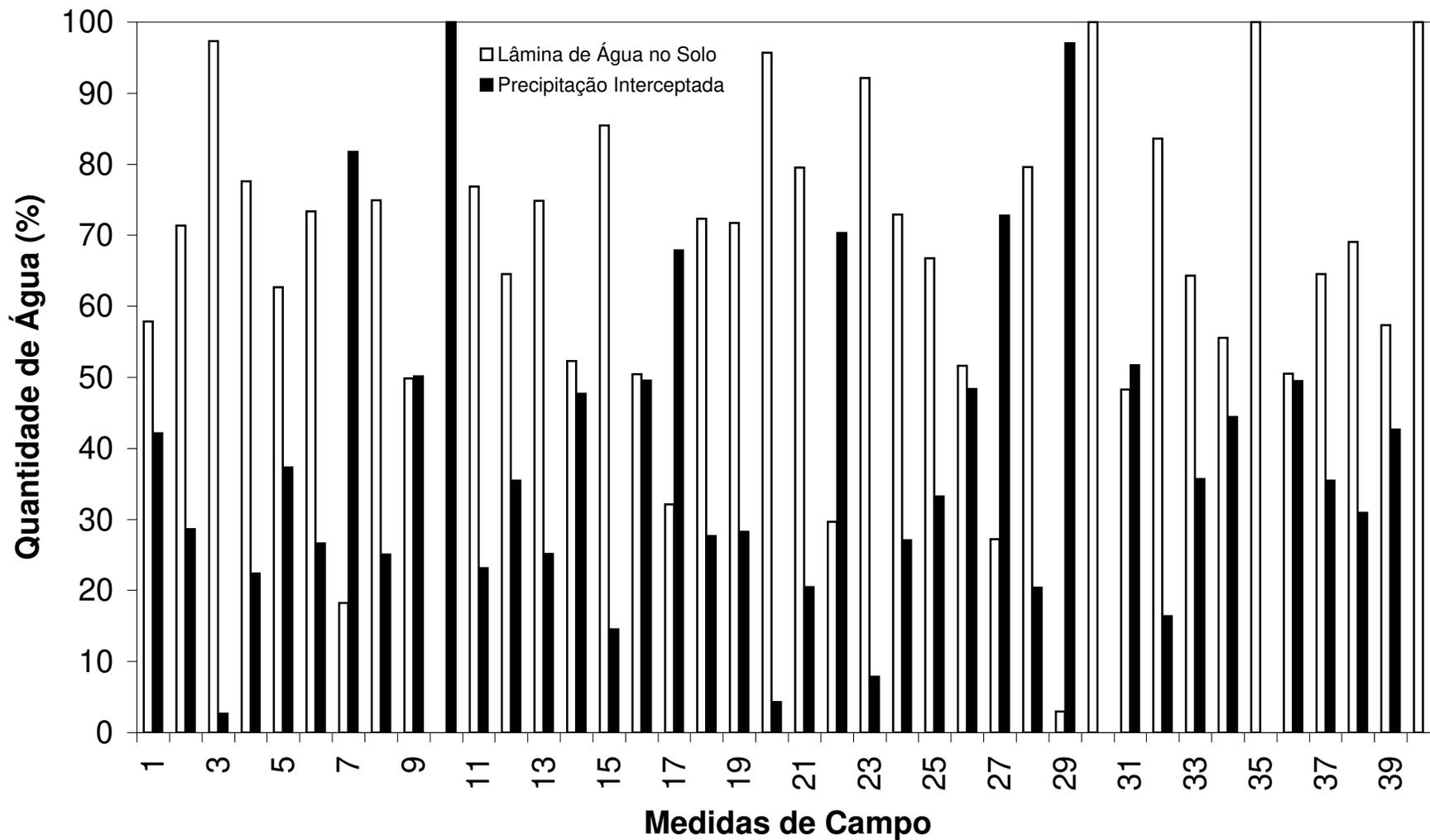
**Figura B52 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 26**



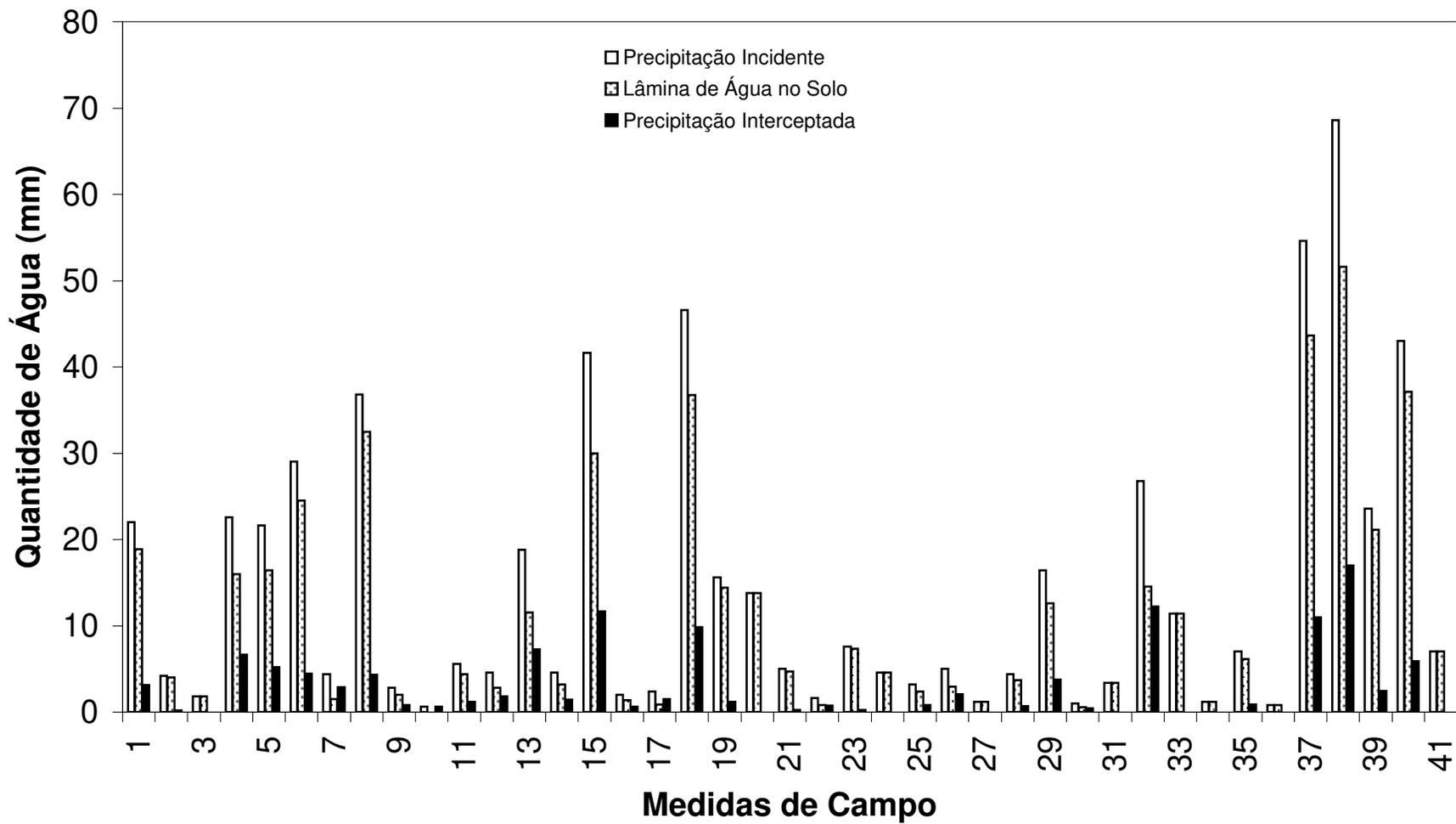
**Figura B53 - VARIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO INCIDENTE, LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 27**



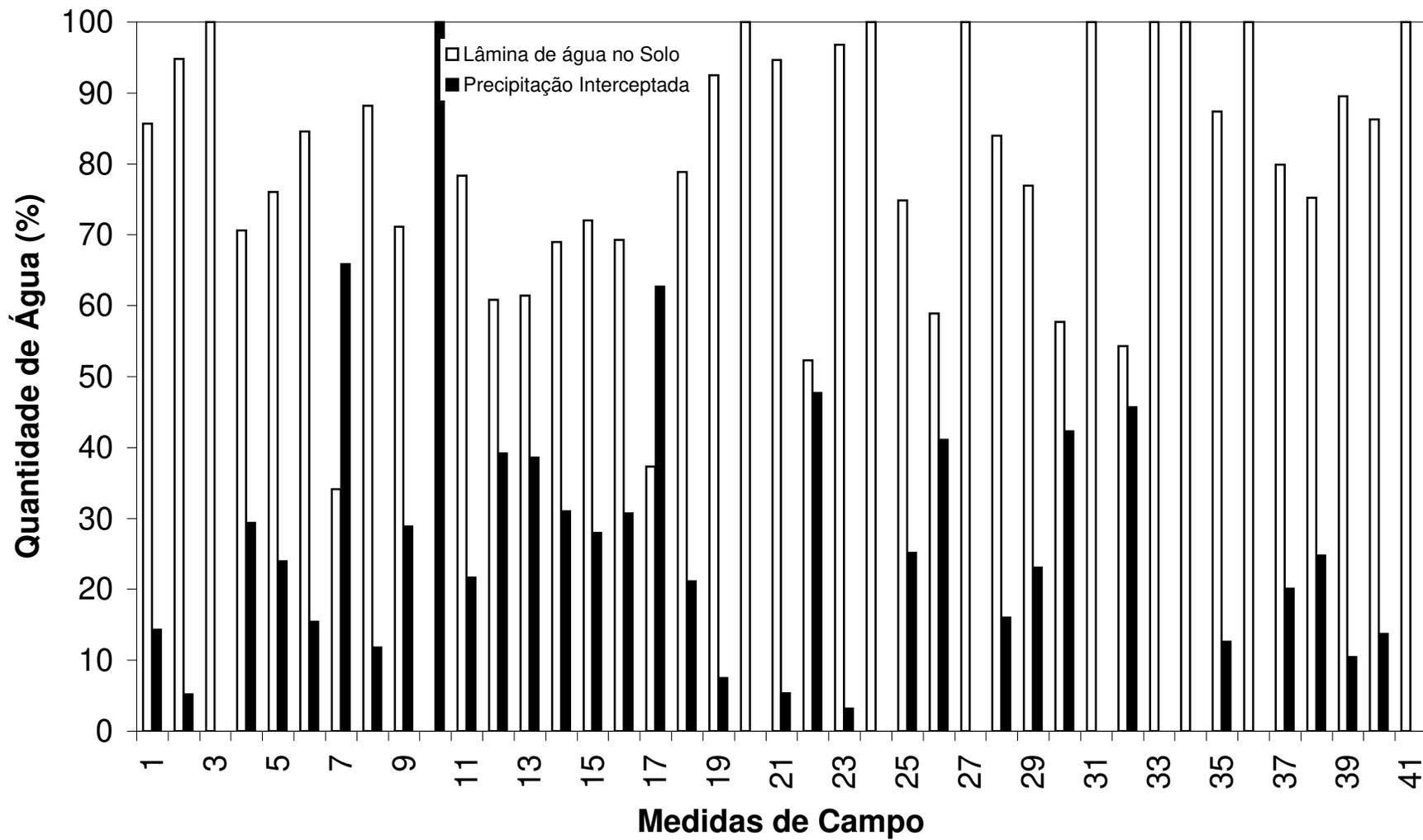
**Figura B54 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 27**



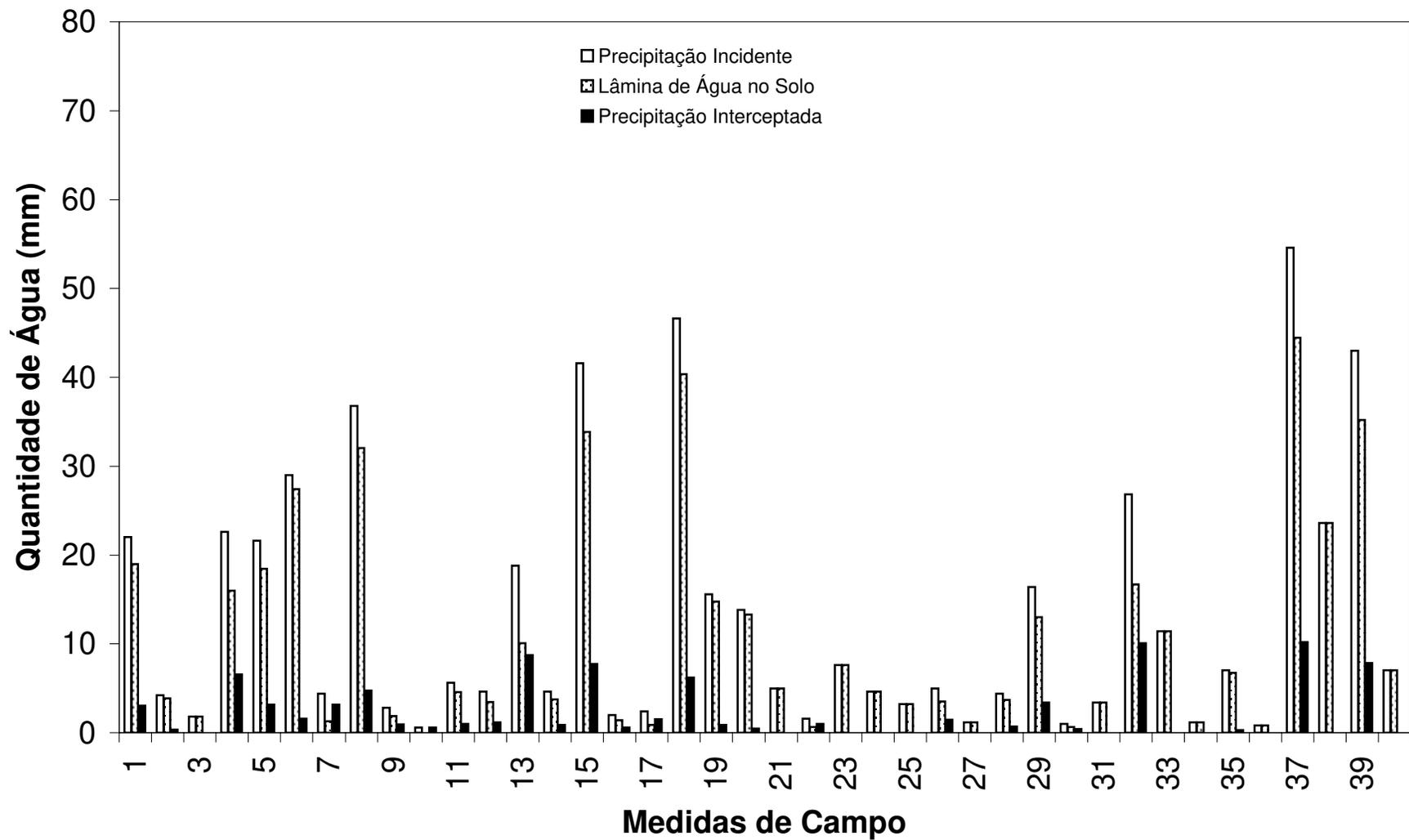
**Figura B55 - VARIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO INCIDENTE, LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 28**



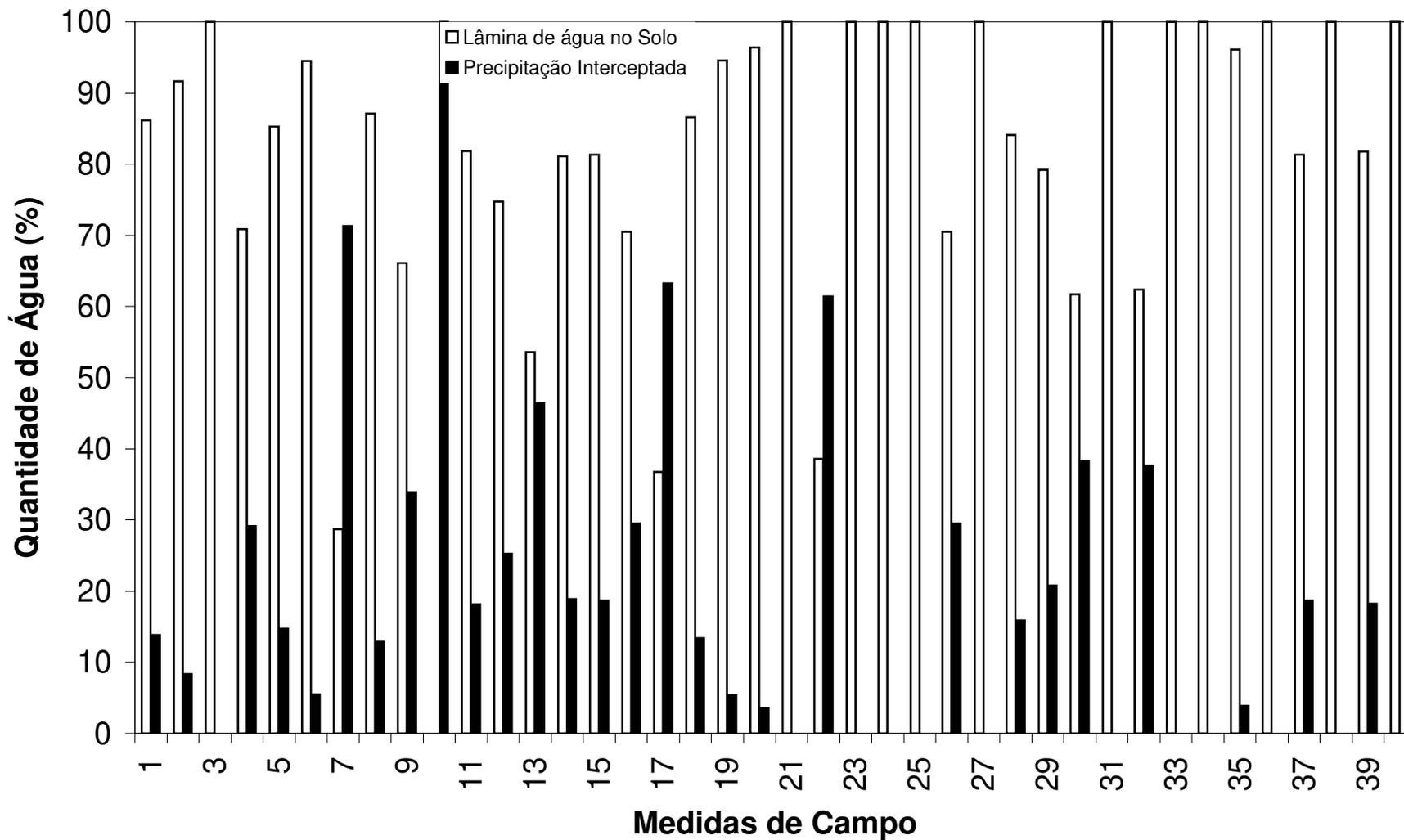
**Figura B56 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 28**



**Figura B57 - VARIAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO INCIDENTE, LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 29**

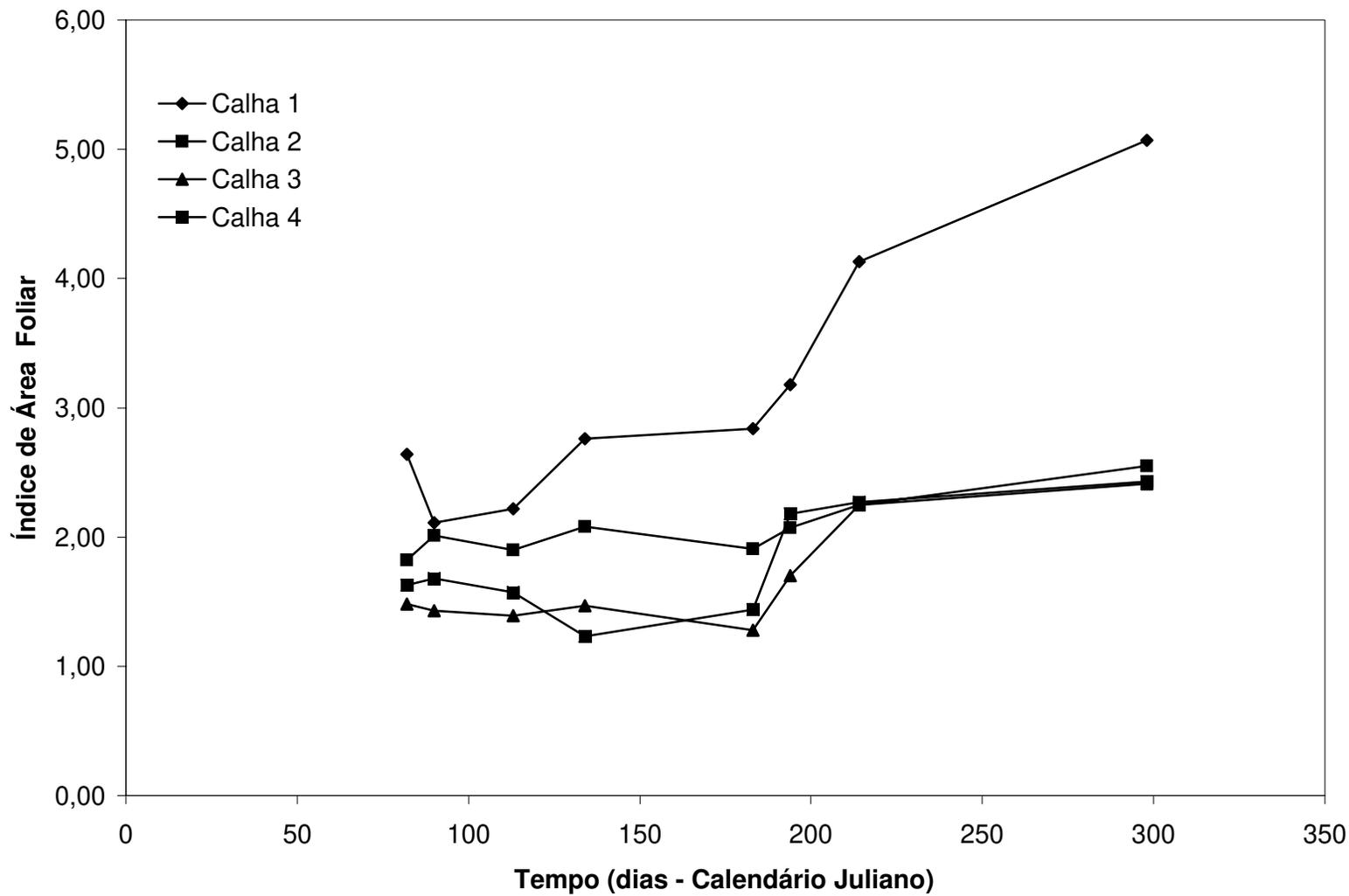


**Figura B58 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA AO LONGO DO TEMPO - CALHA 29**

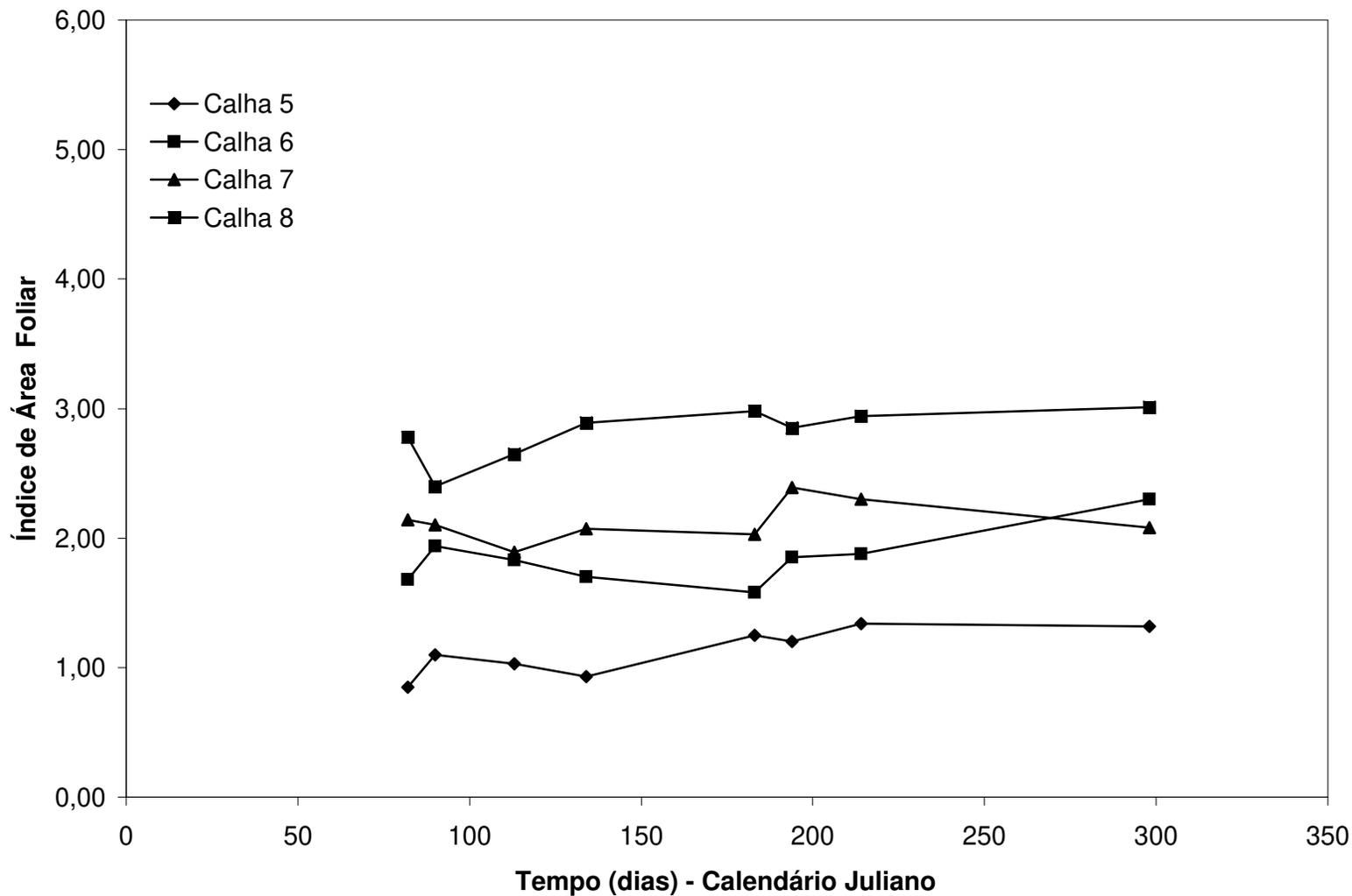


**9.3. APÊNDICE C**  
**Figuras C1 a C7 – VARIAÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR DAS**  
**CALHAS AO LONGO DO TEMPO**

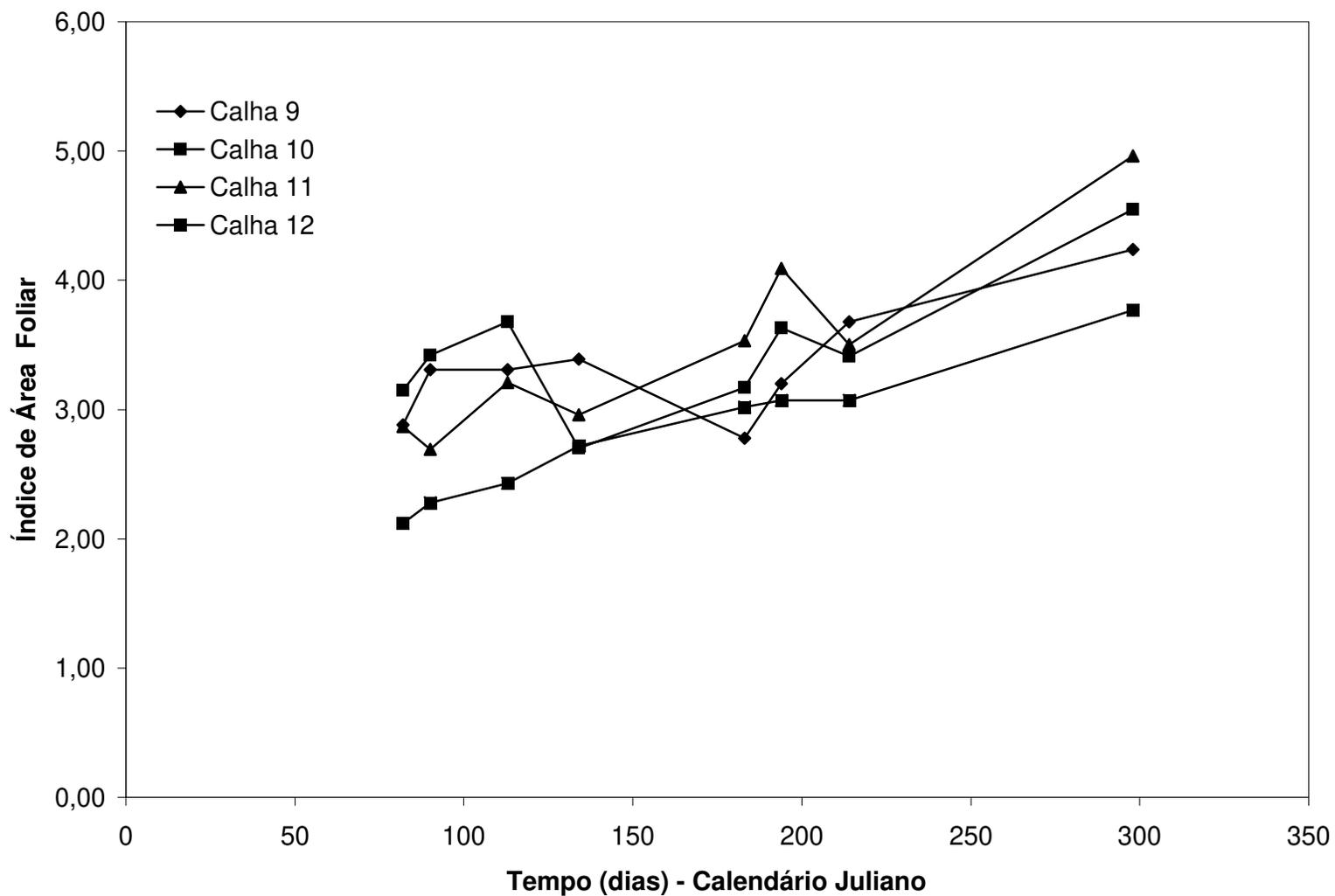
**Figura C1 - VARIAÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR DE CADA CALHA AO LONGO DO TEMPO**



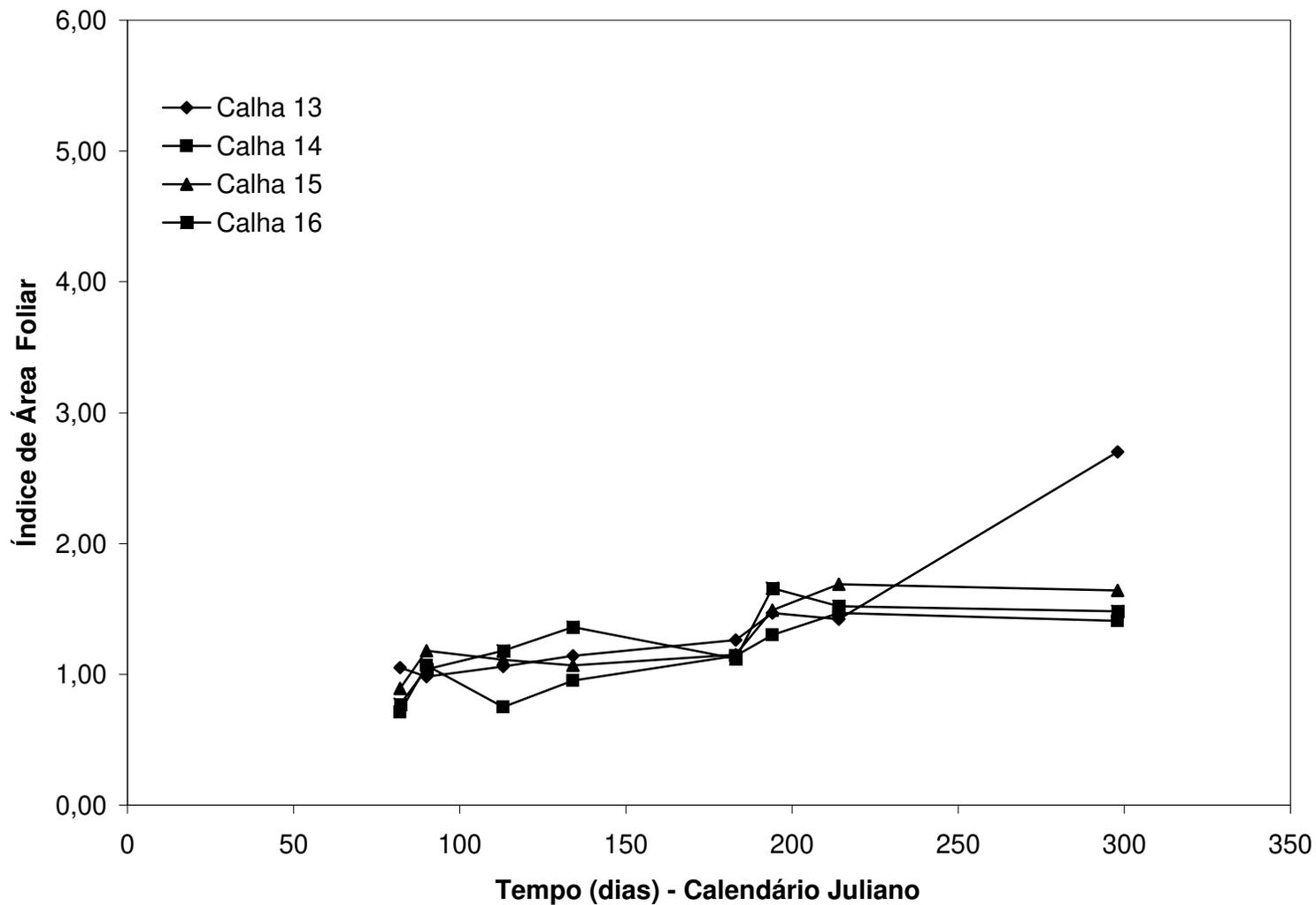
**Figura C2 - VARIAÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR DE CADA CALHA AO LONGO DO TEMPO**



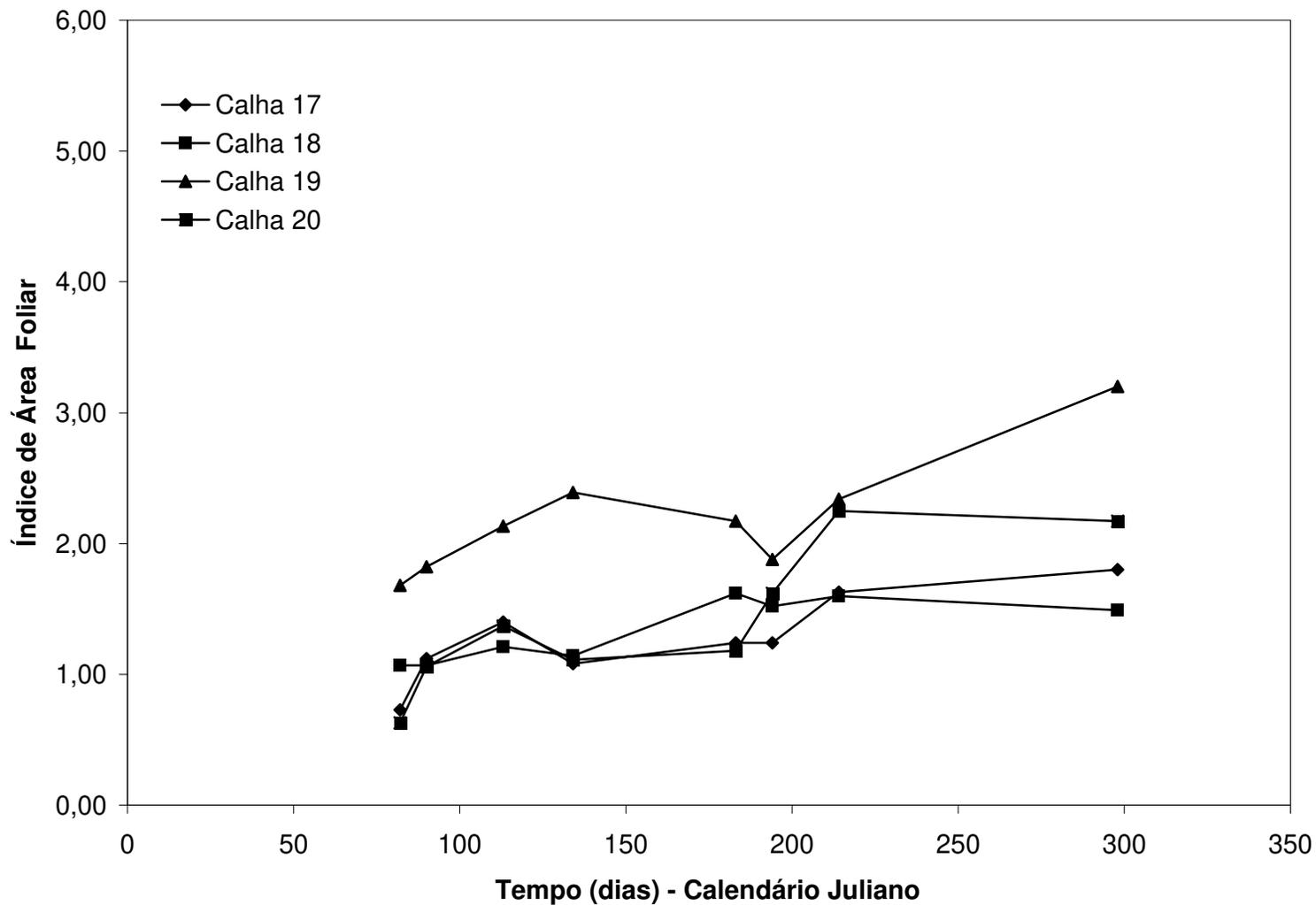
**Figura C3 - VARIAÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR DE CADA CALHA AO LONGO DO TEMPO**



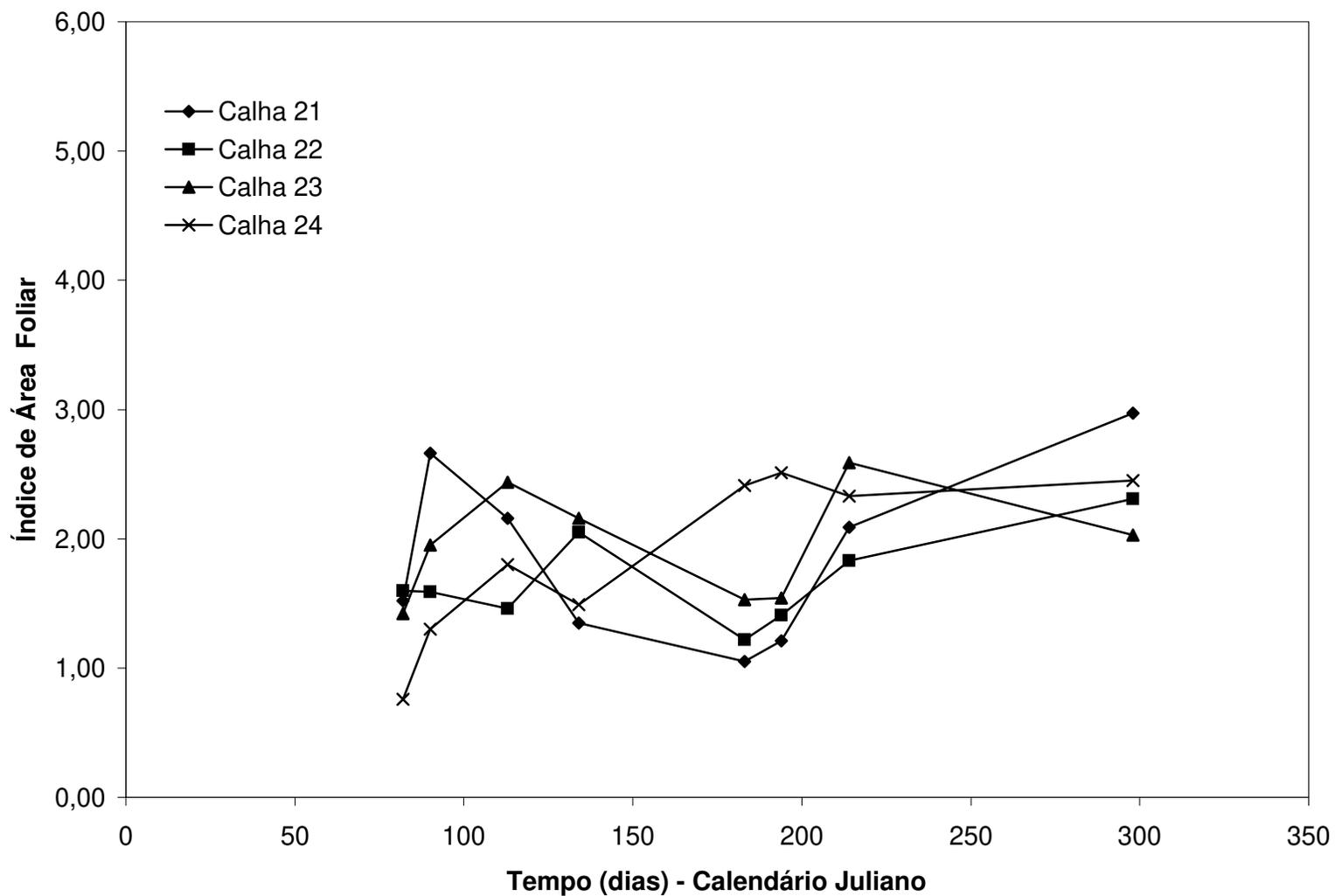
**Figura C4 - VARIAÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR DE CADA CALHA AO LONGO DO TEMPO**



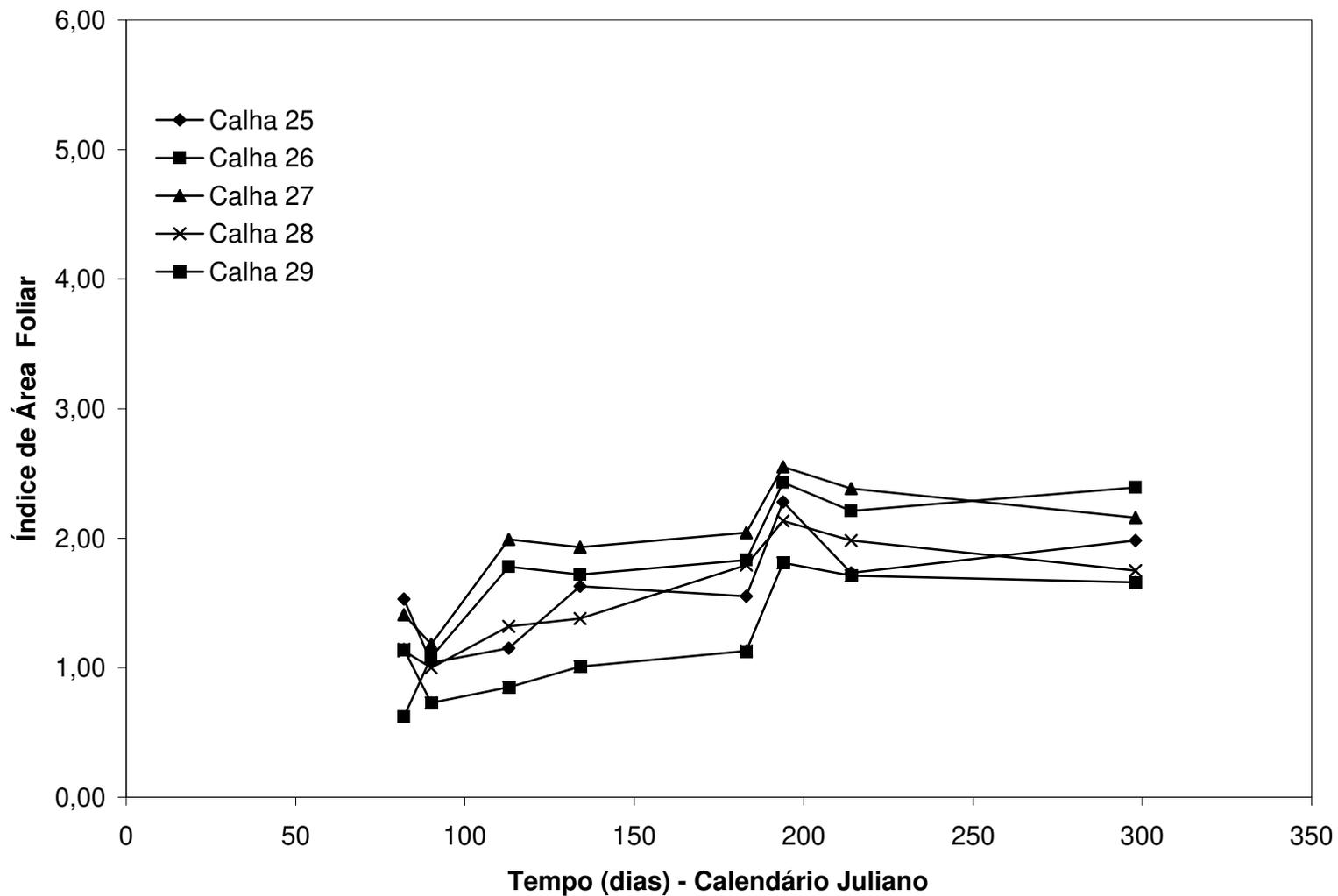
**Figura C5 - VARIAÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR DE CADA CALHA AO LONGO DO TEMPO**



**Figura C6 - VARIAÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR DE CADA CALHA AO LONGO DO TEMPO**

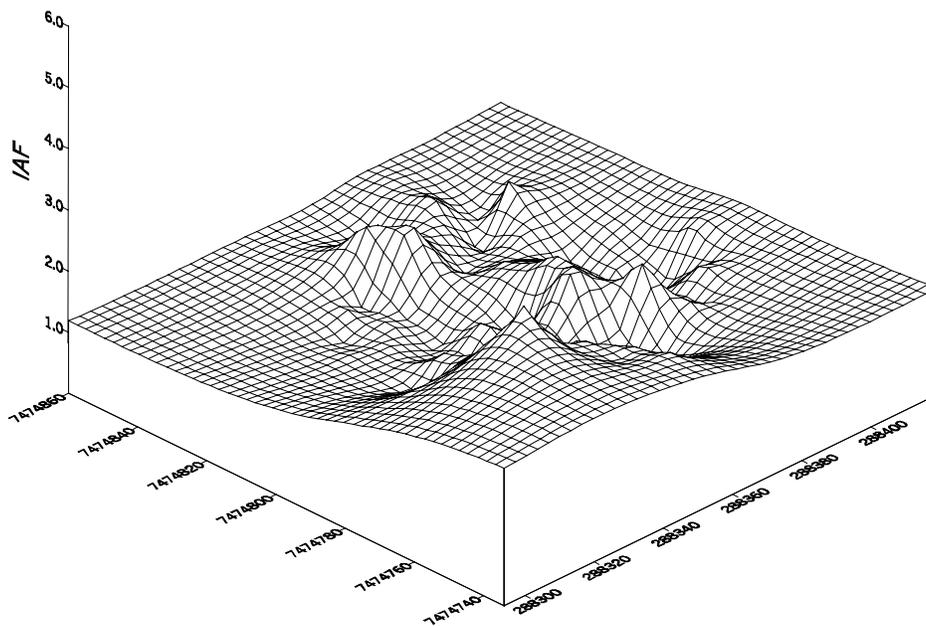
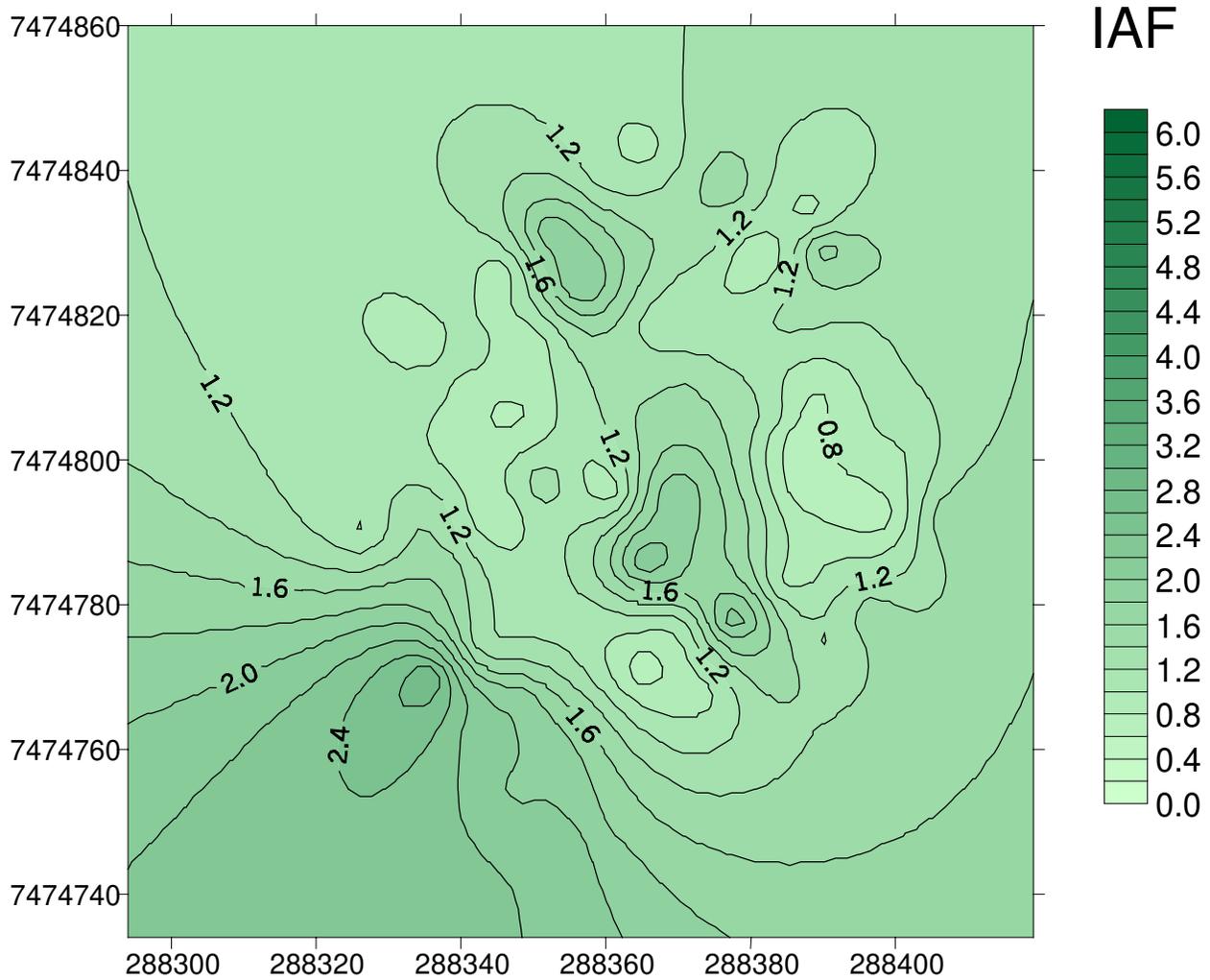


**Figura C7 - VARIAÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR DE CADA CALHA AO LONGO DO TEMPO**



***9.4. APÊNDICE D***

**Figuras D1 a D16 – DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL AO LONGO DO TEMPO  
DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR NA PARCELA**



**Figura D1: DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR PERÍODO 04 E 05/01/1999**

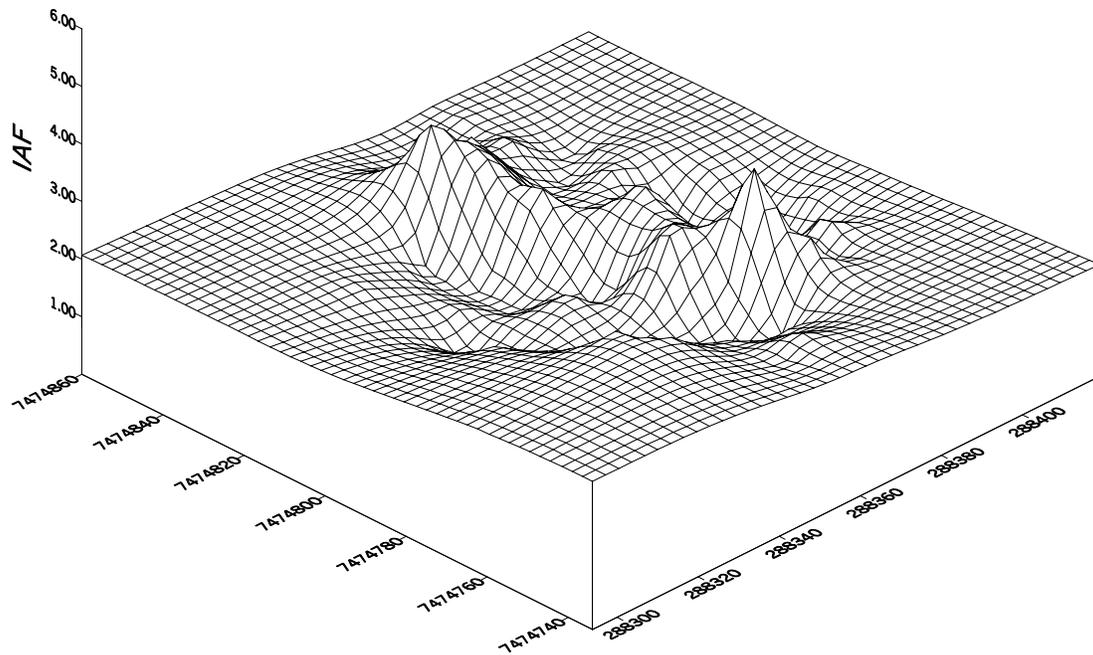
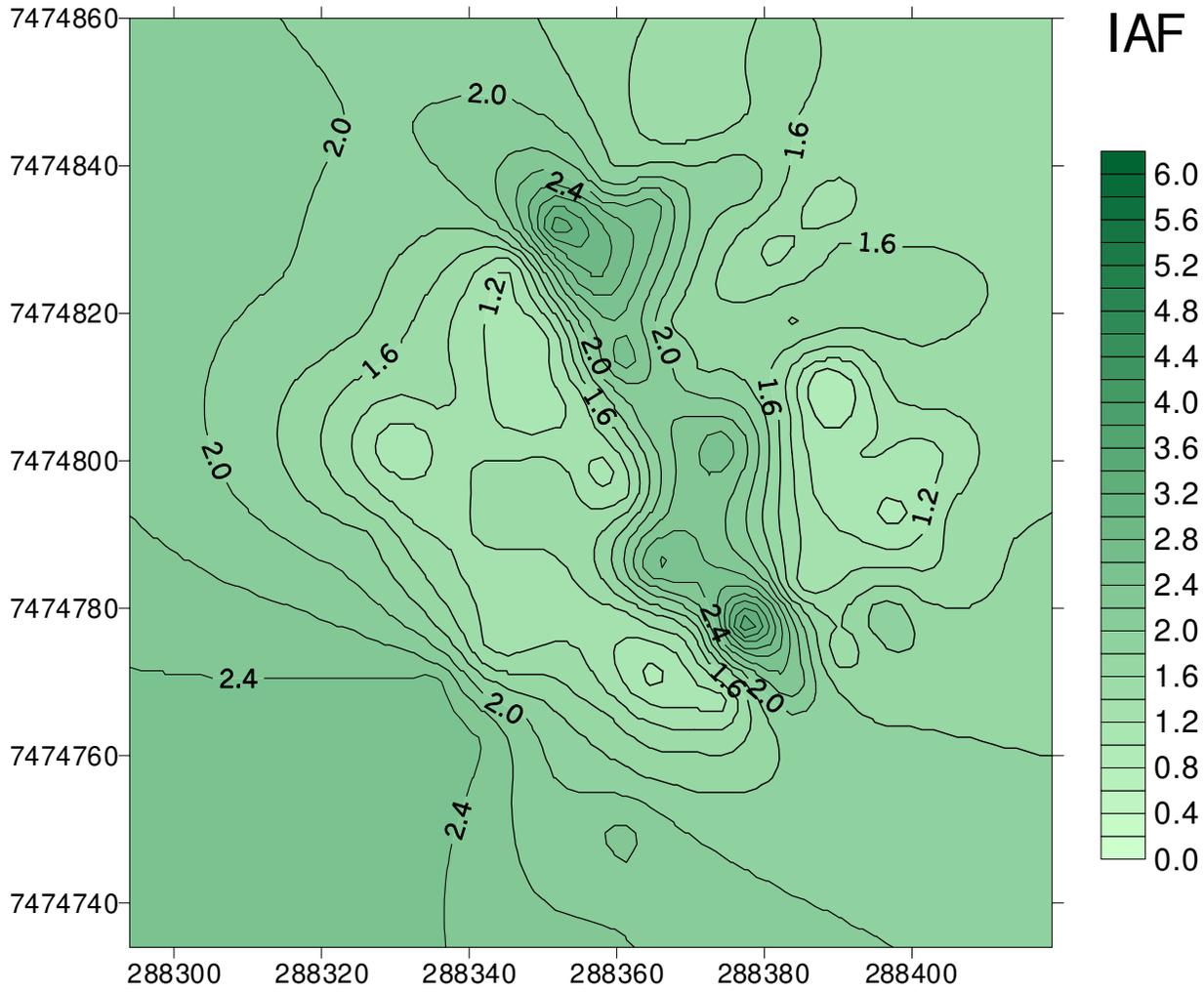


Figura D2: Distribuição espacial do índice de área foliar período 15 e 18/01/1999

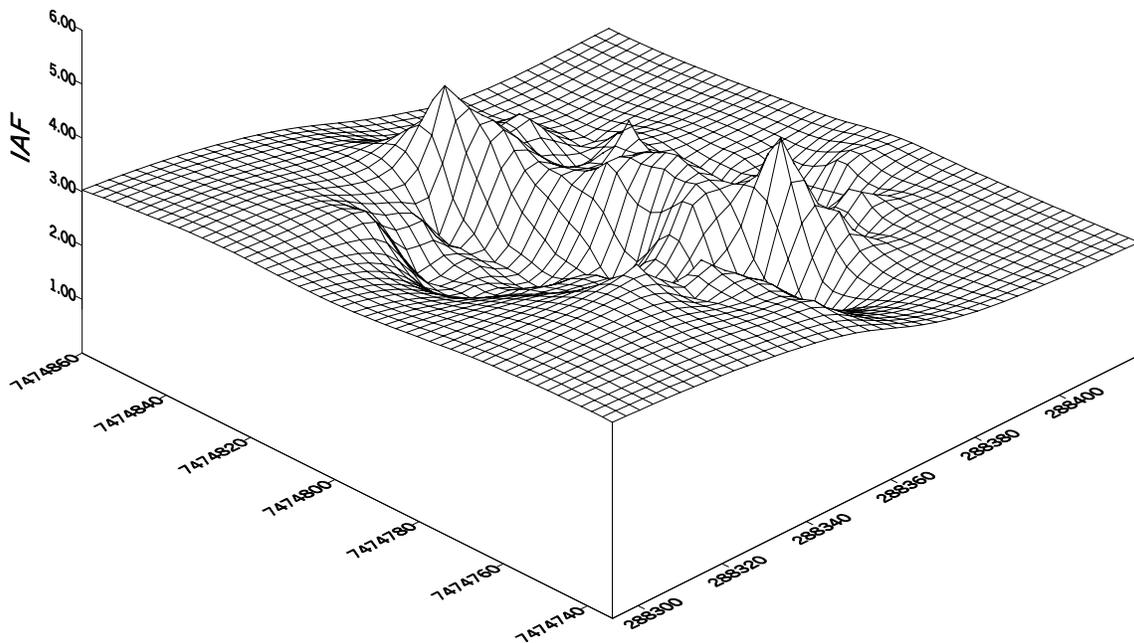
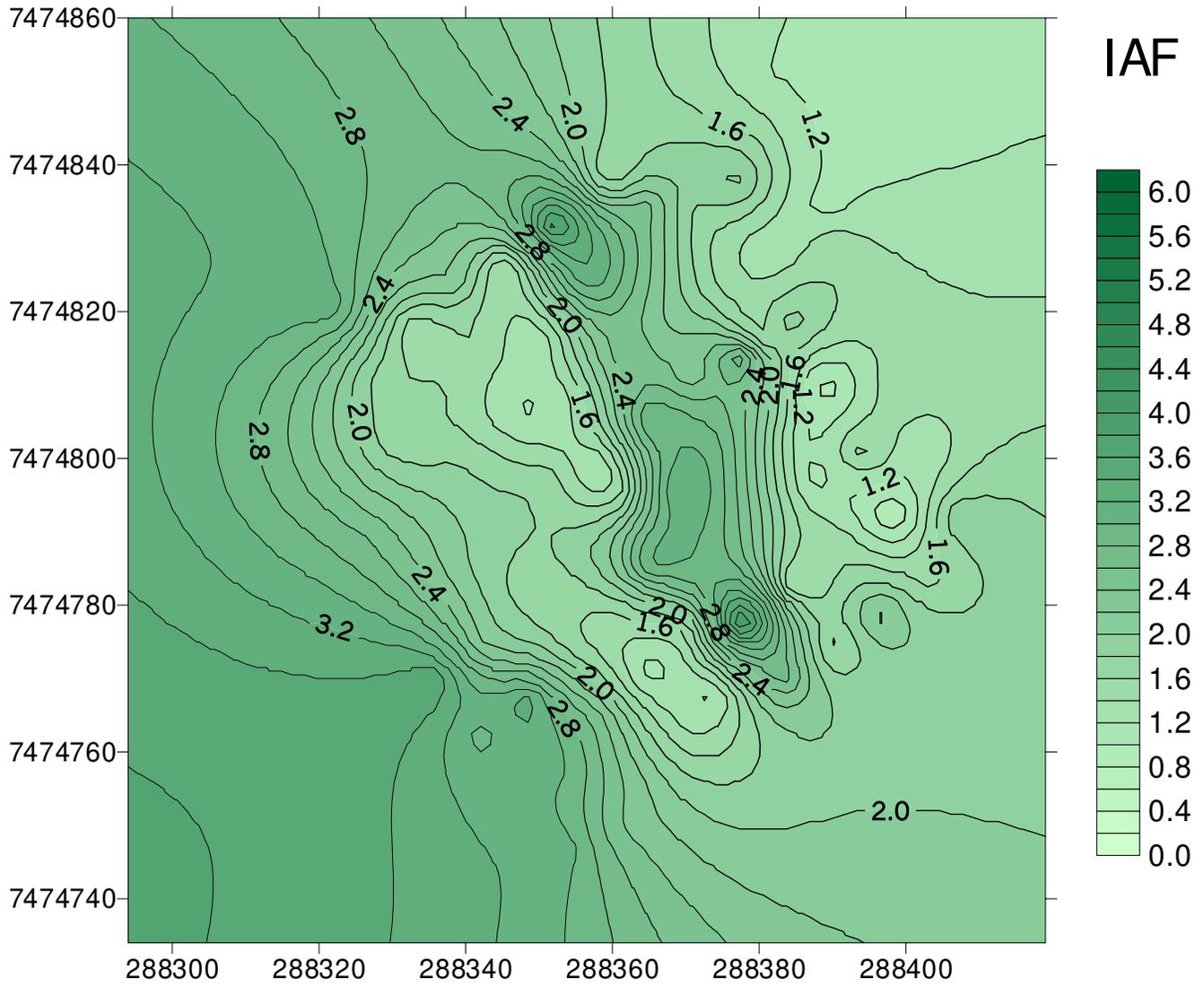


Figura D3: Distribuição espacial do índice de área foliar período 26 e 27/01/1999

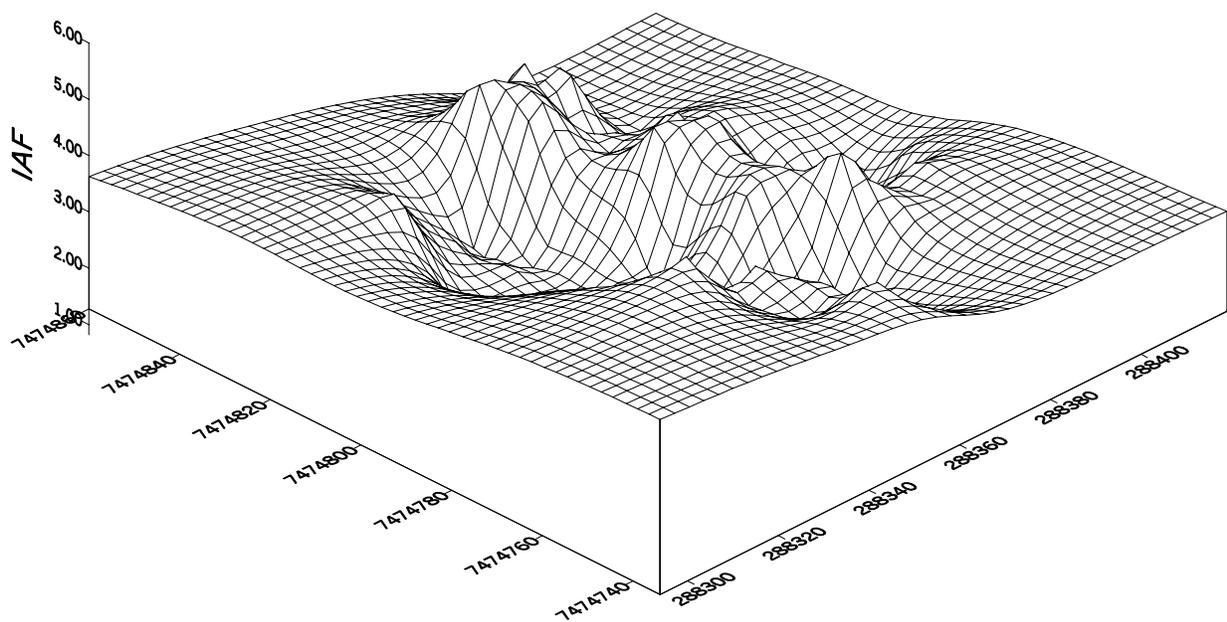
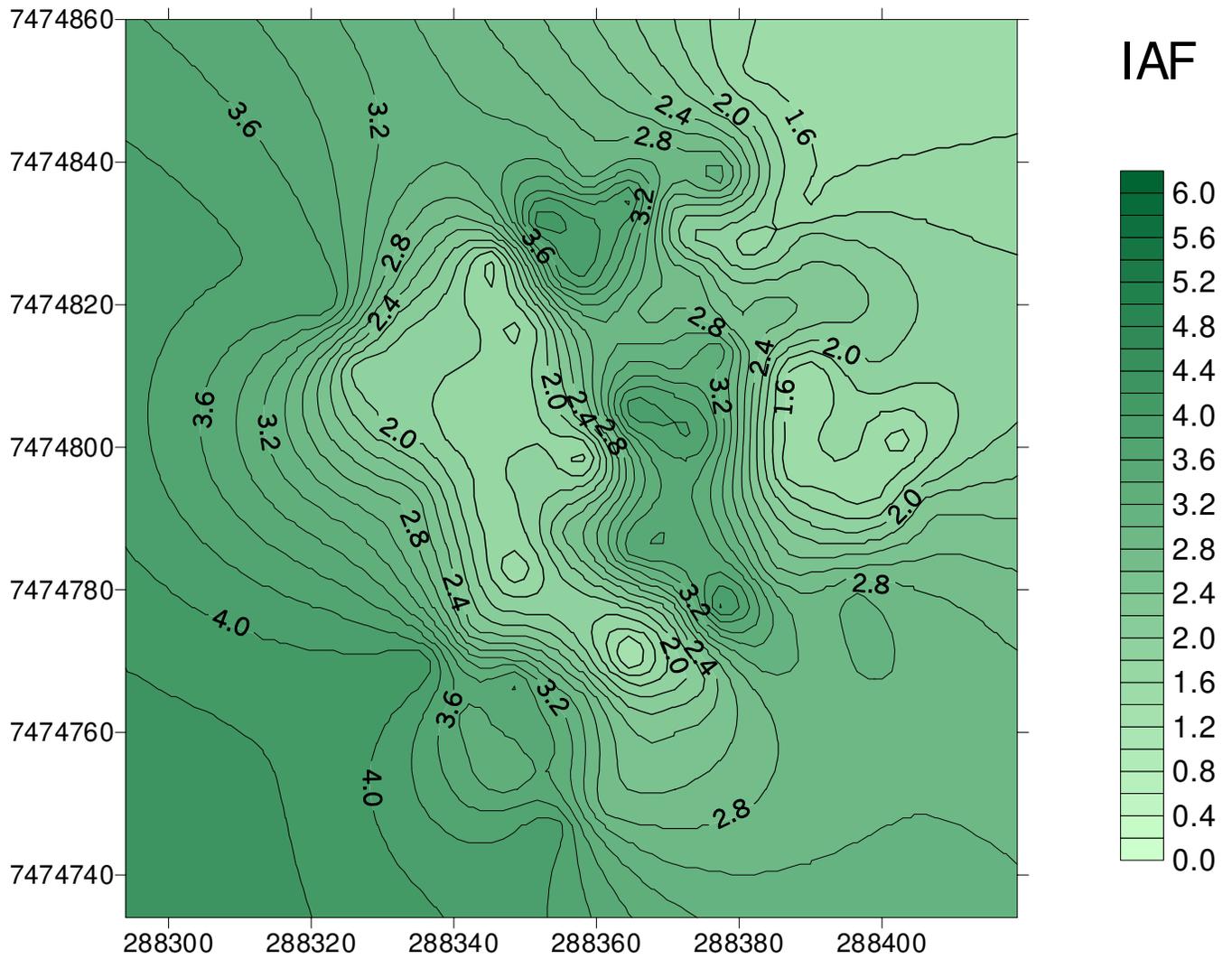


Figura D4: Distribuição espacial do índice de área foliar período 01 e 02/02/1999

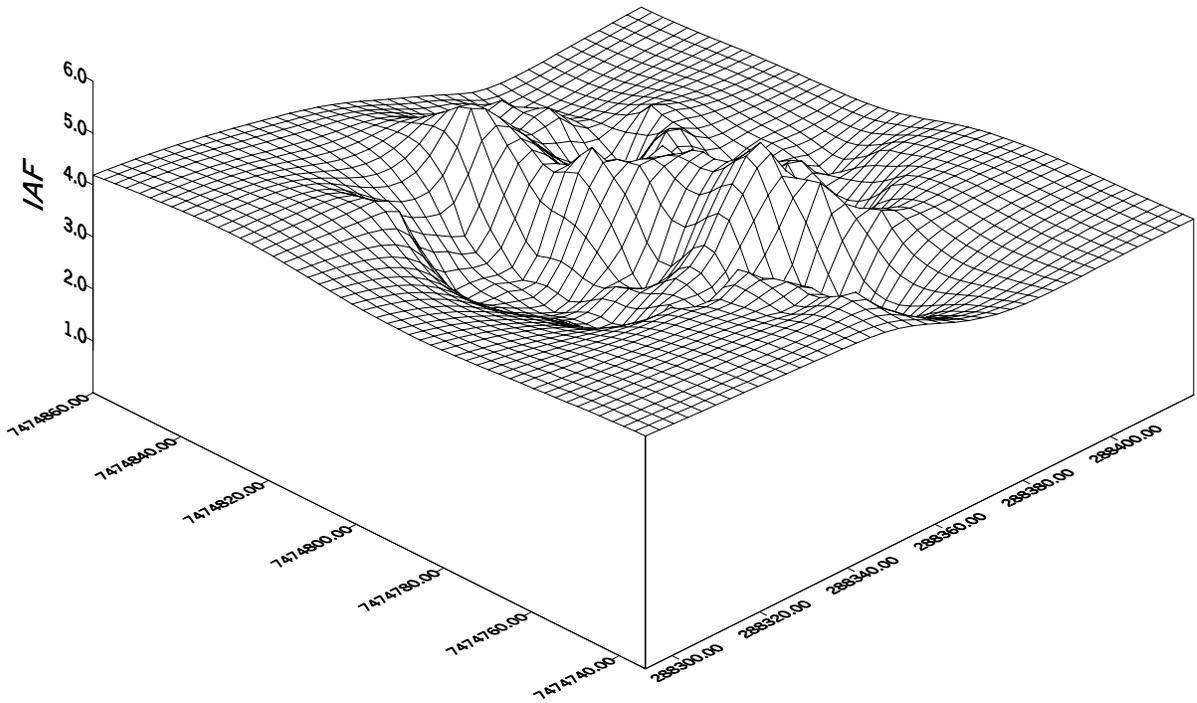
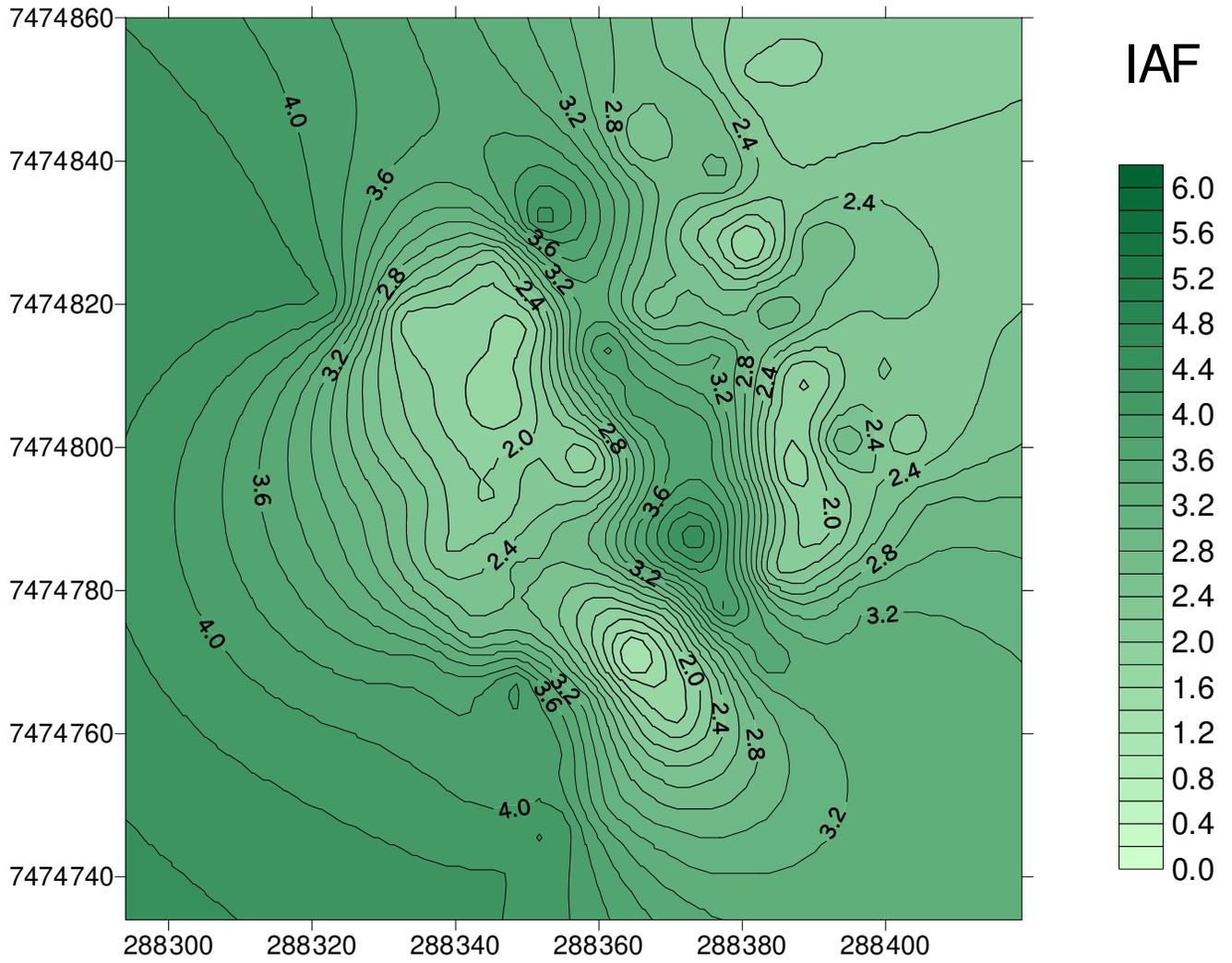


Figura D5: Distribuição espacial do índice de área foliar período 25 e 26/02/1999

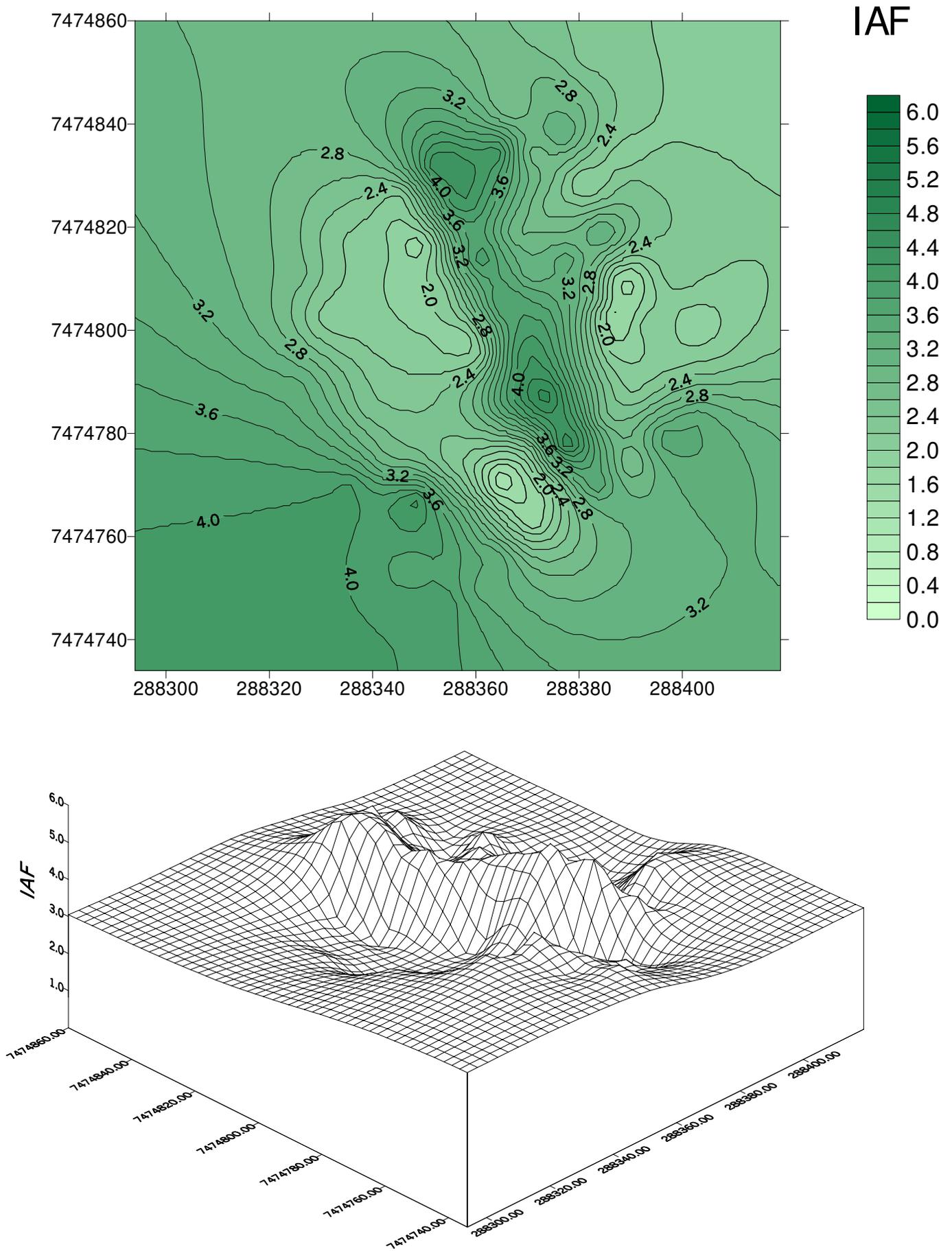


Figura D6: Distribuição espacial do índice de área foliar período 08 e 09/03/1999

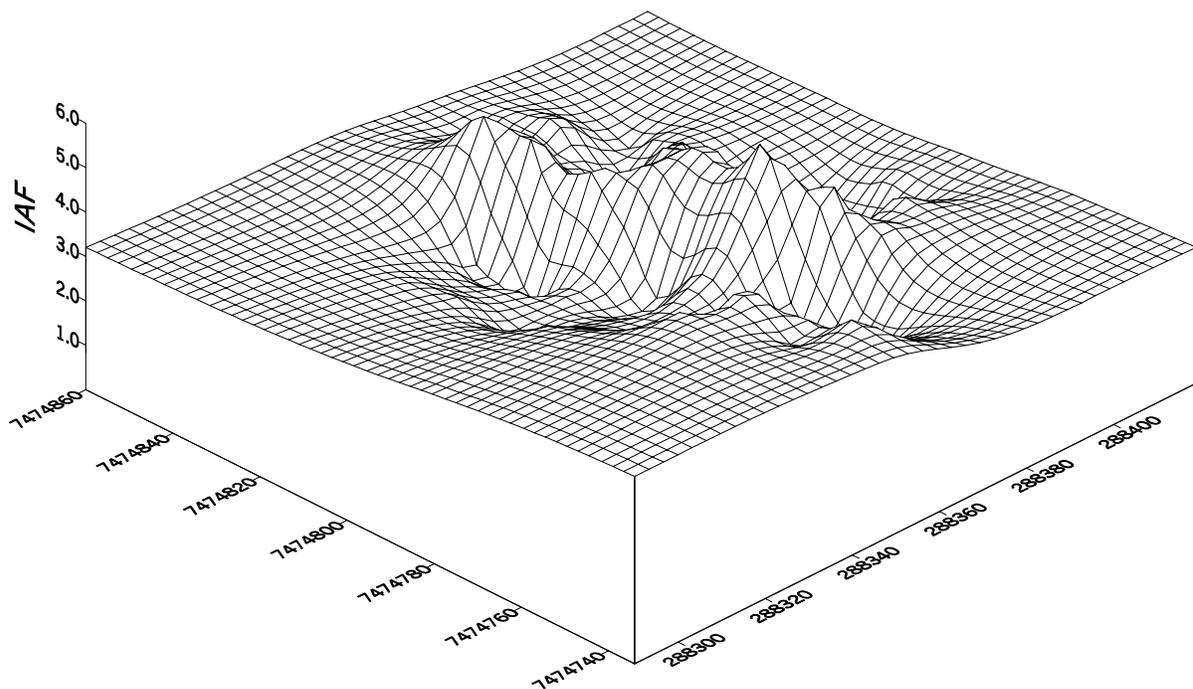
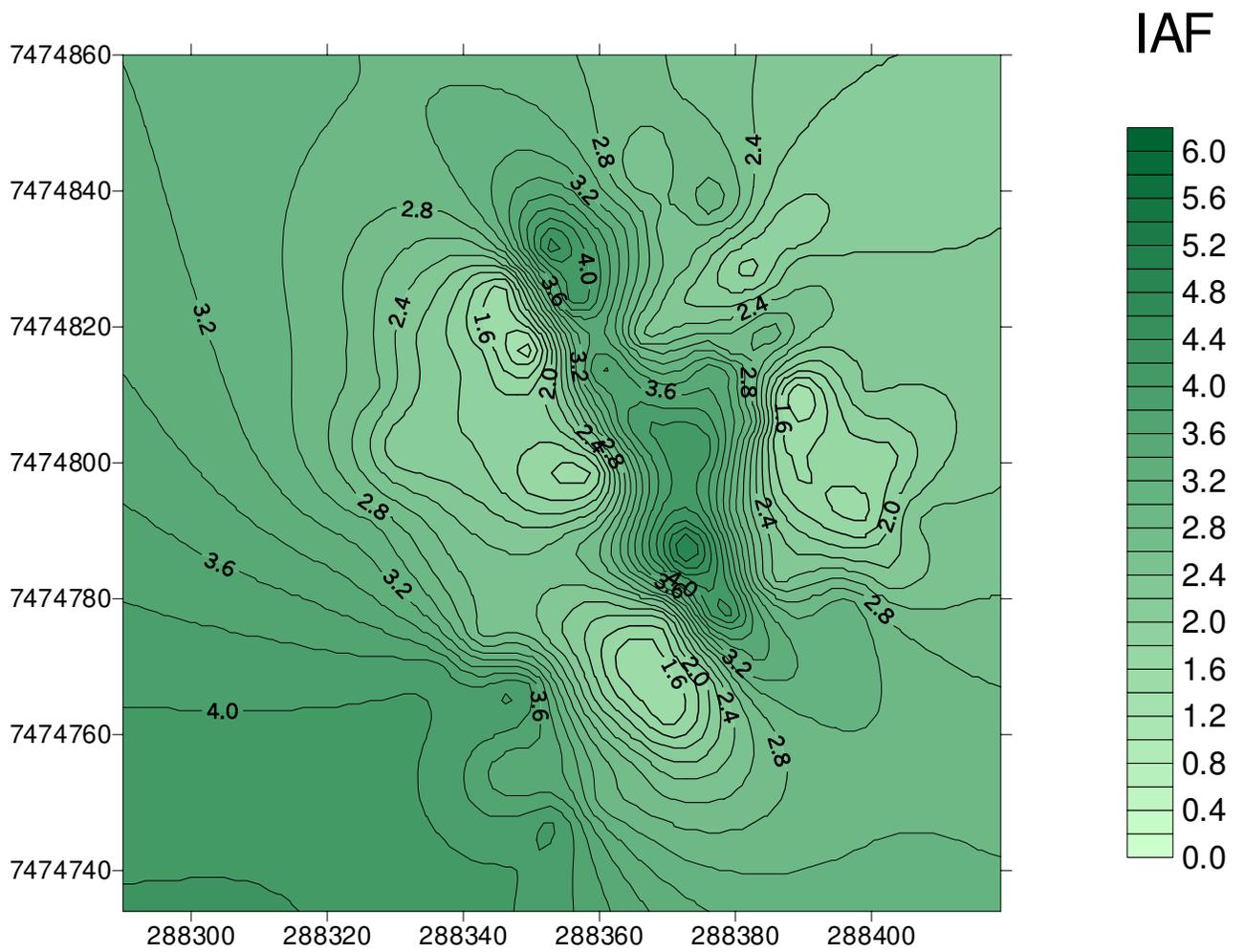


Figura D7: Distribuição espacial do índice de área foliar período 15 e 16/03/1999

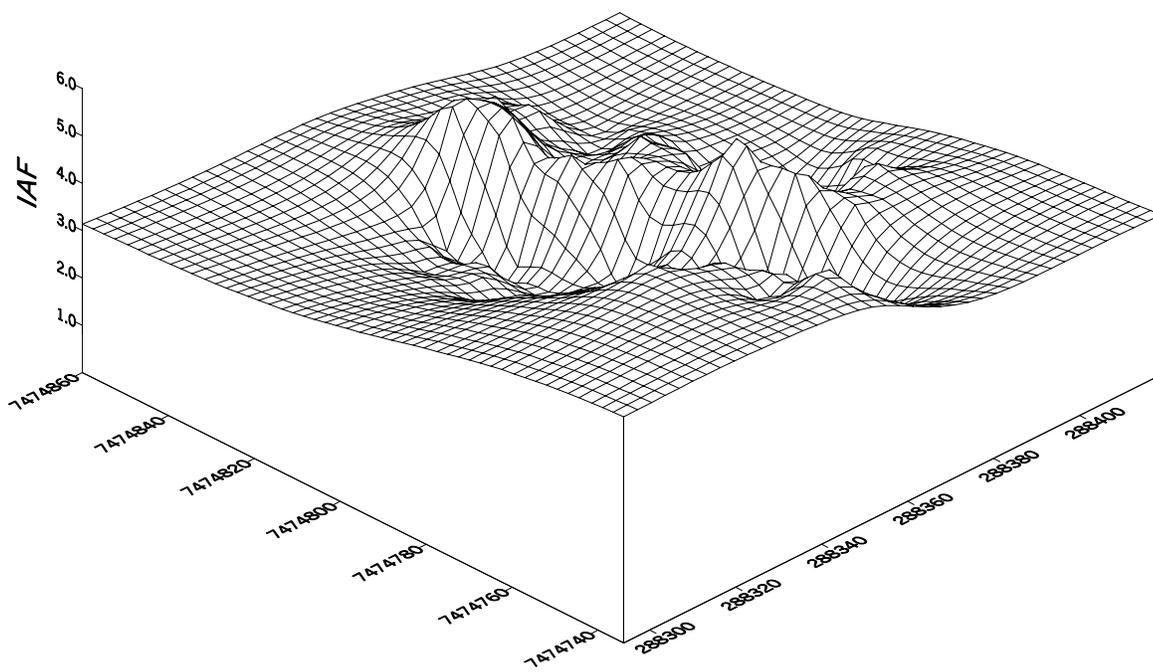
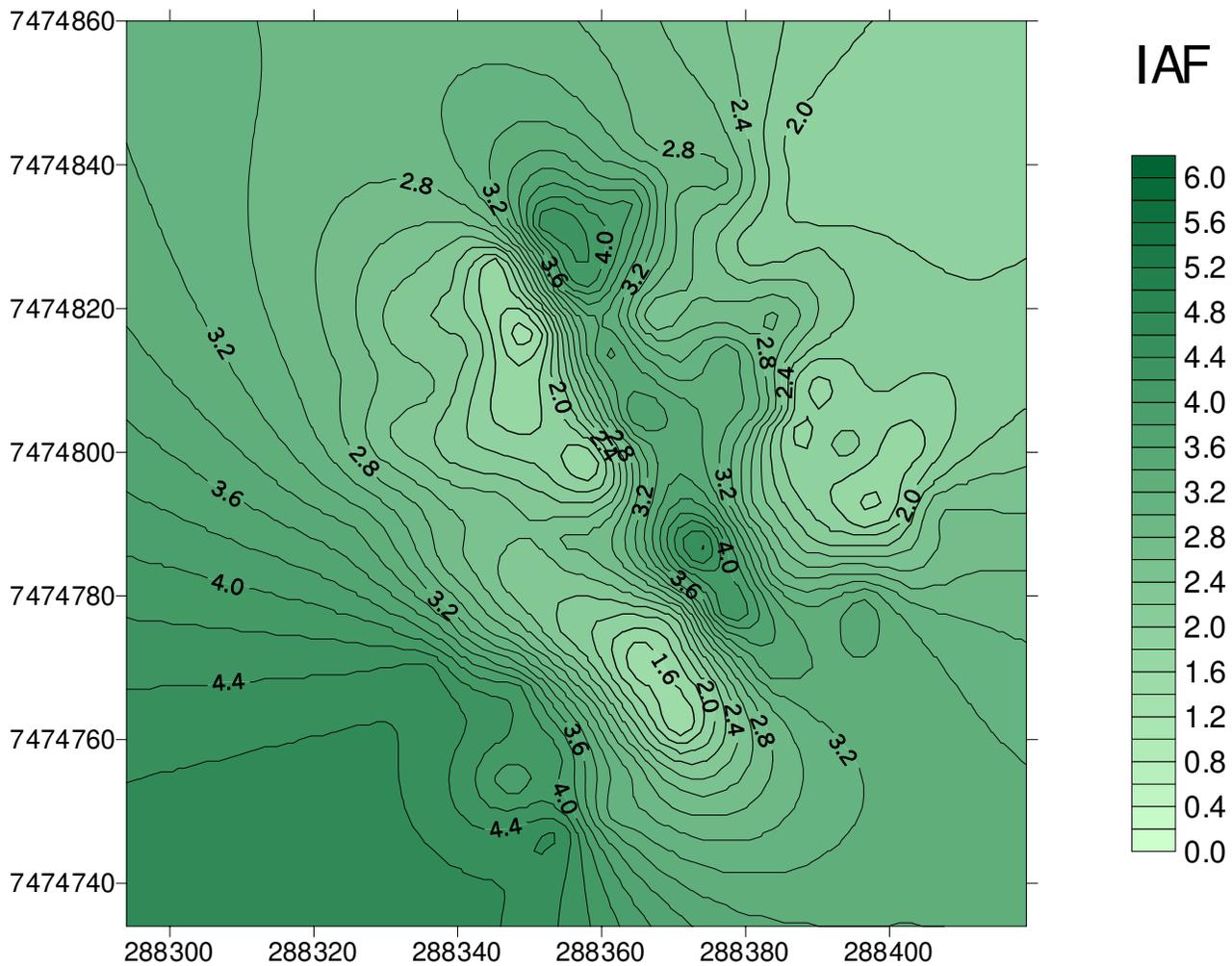
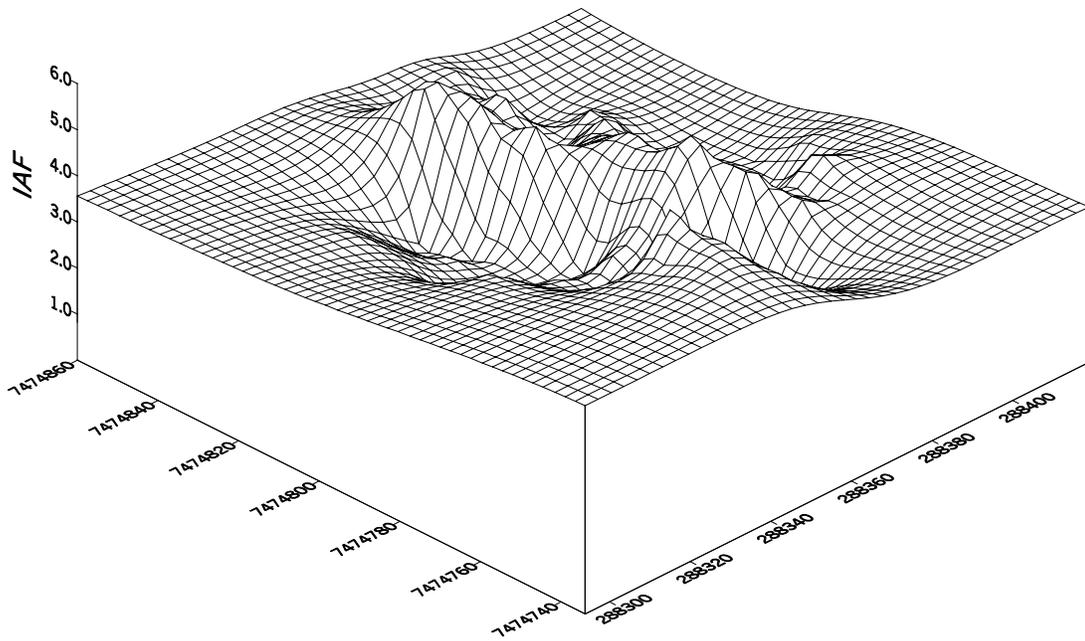
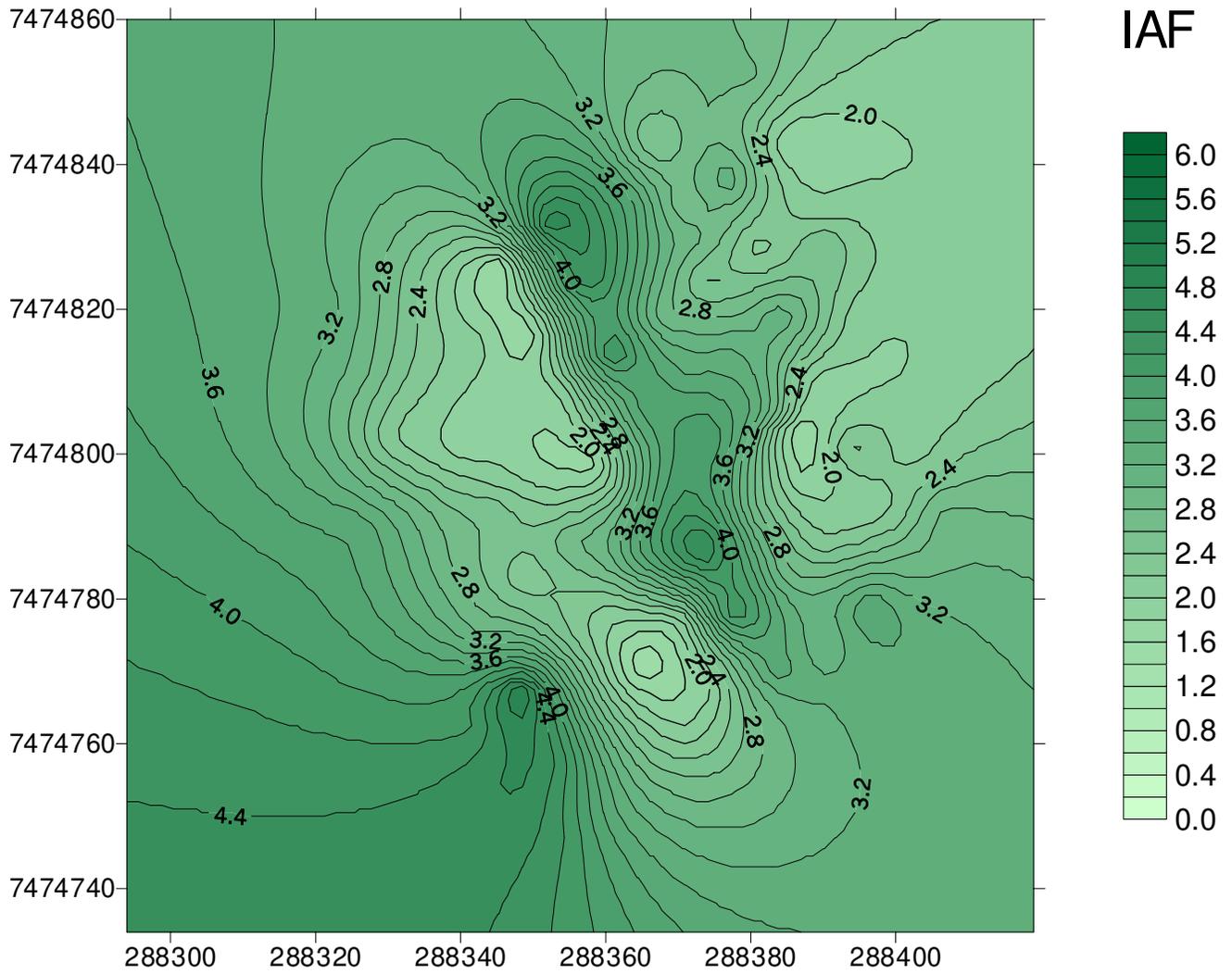


Figura D8: Distribuição espacial do índice de área foliar período 23 e 25/03/1999



**Figura D9: Distribuição espacial do índice de área foliar período 06 e 08/04/1999**

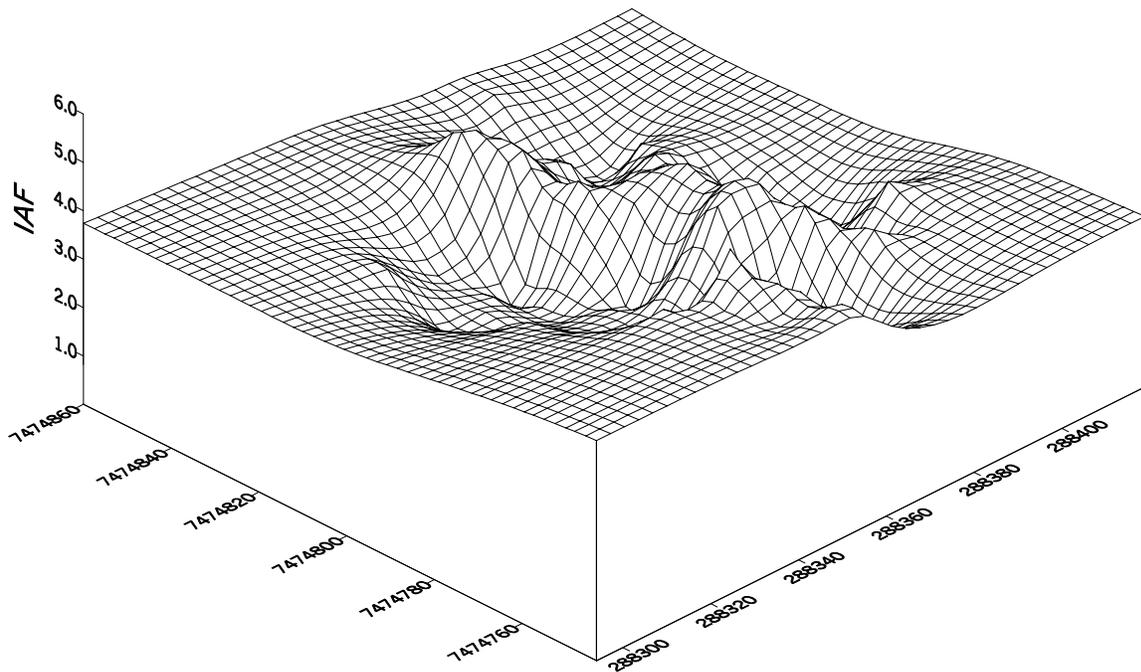
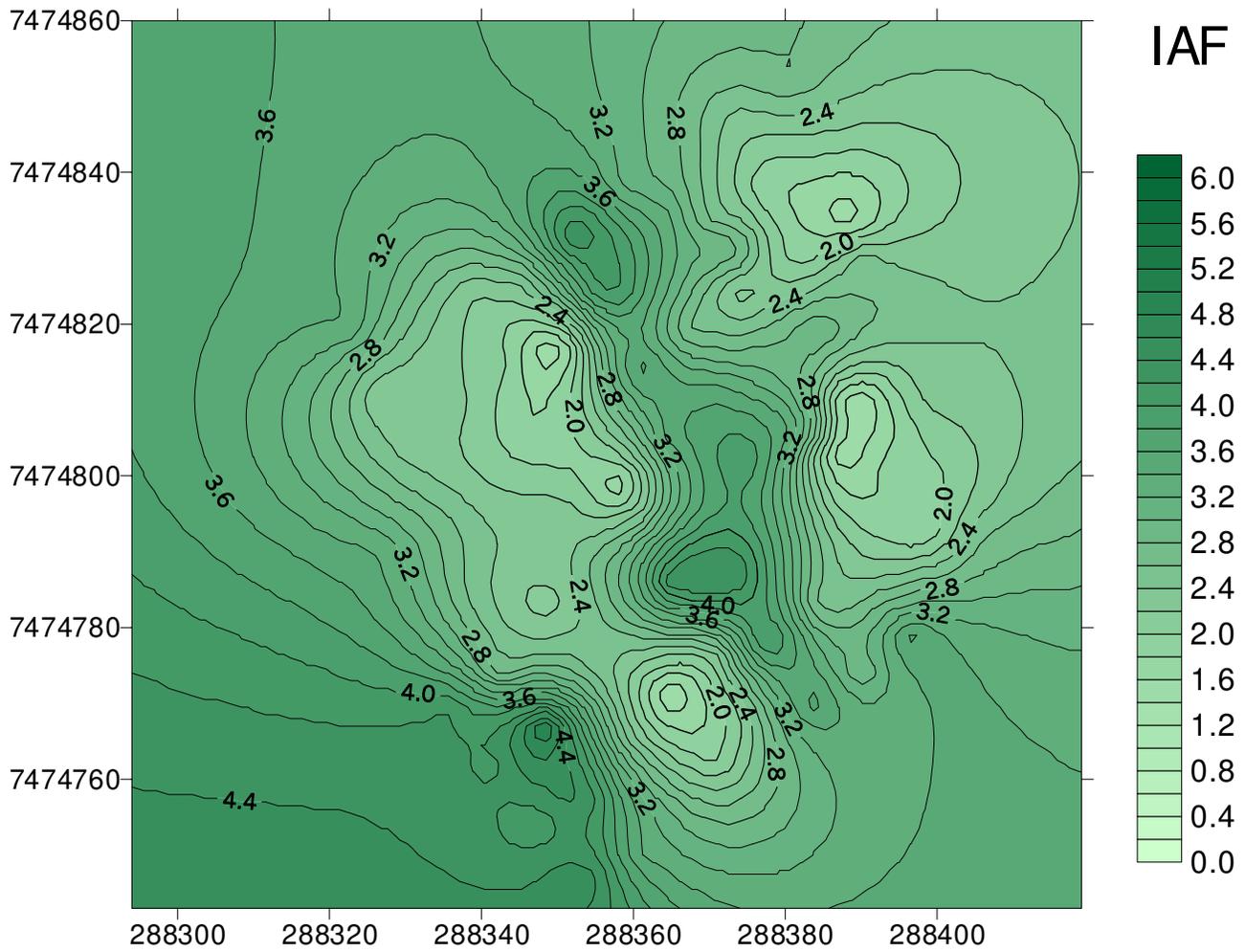
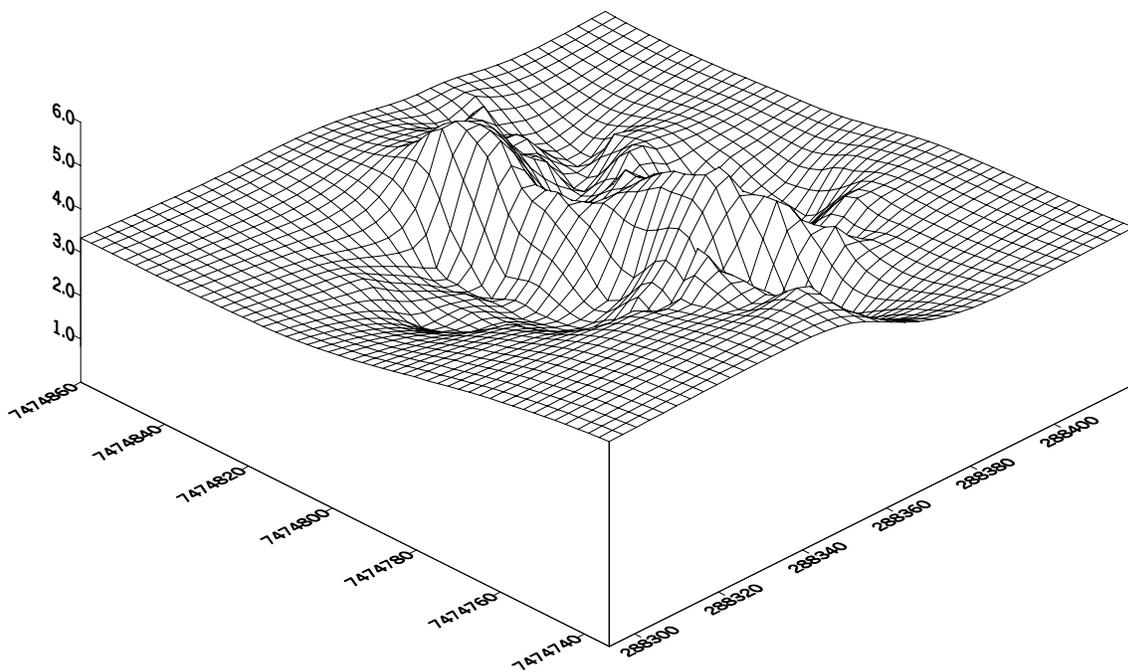
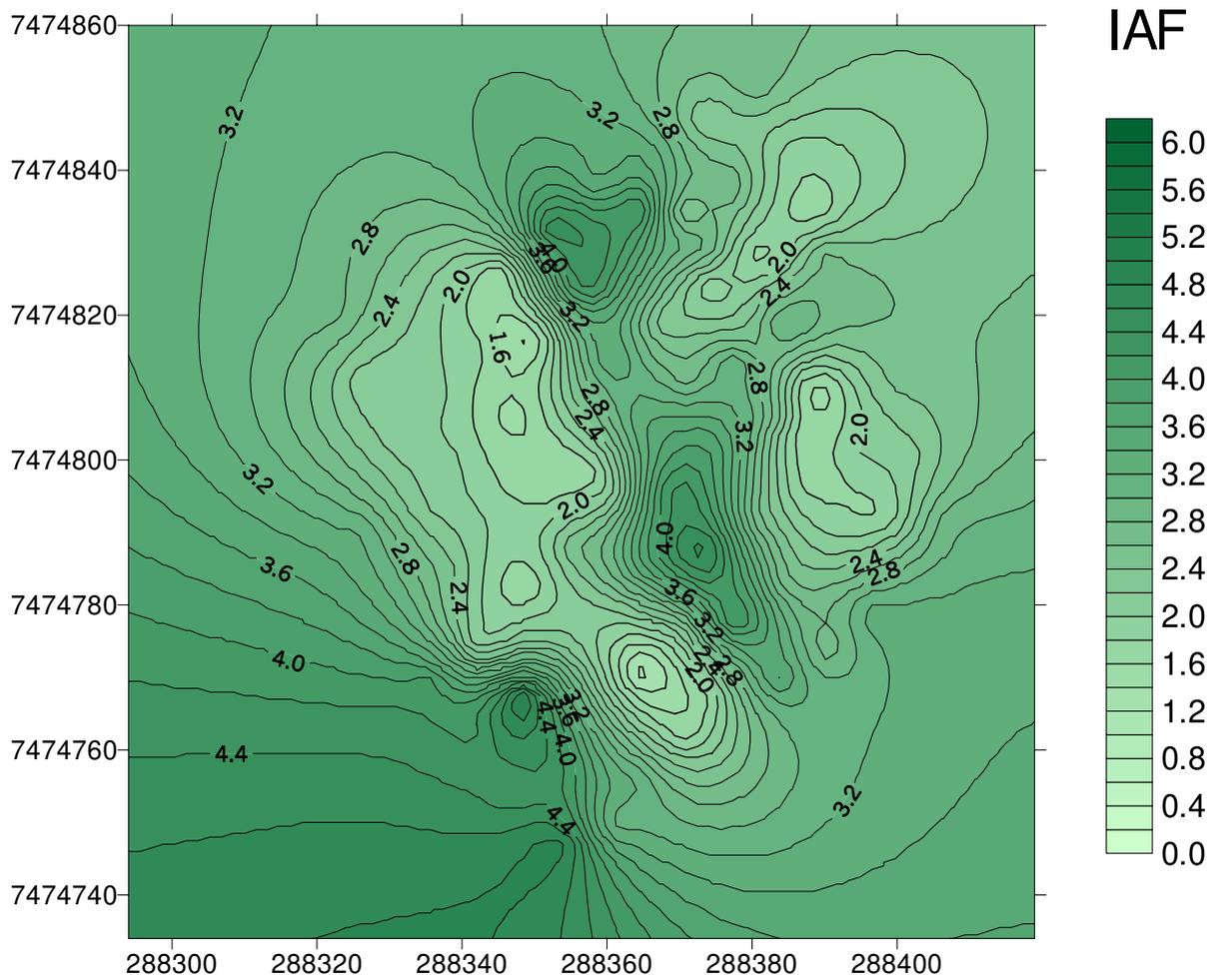


Figura D10: Distribuição espacial do índice de área foliar período 13 e 16/04/1999



**Figura D11: Distribuição espacial do índice de área foliar período 29 e 30/04/1999**

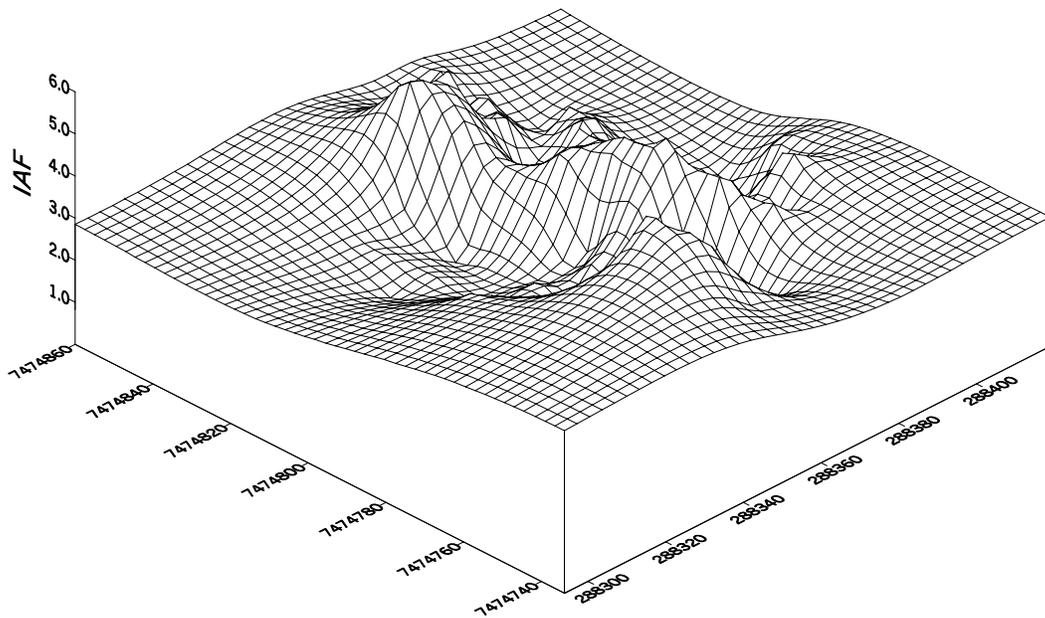
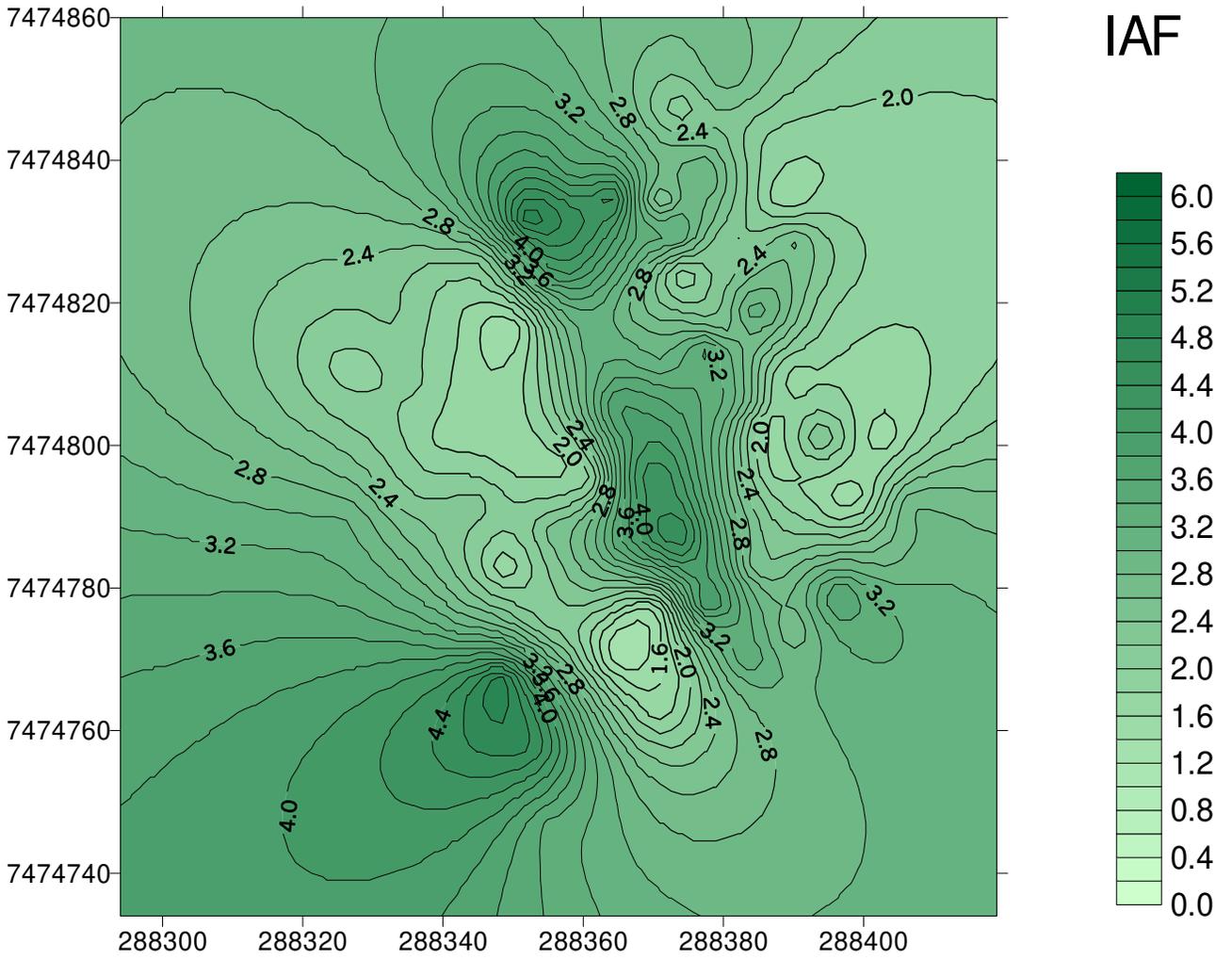


Figura D12: Distribuição espacial do índice de área foliar período 19 e 20/05/1999

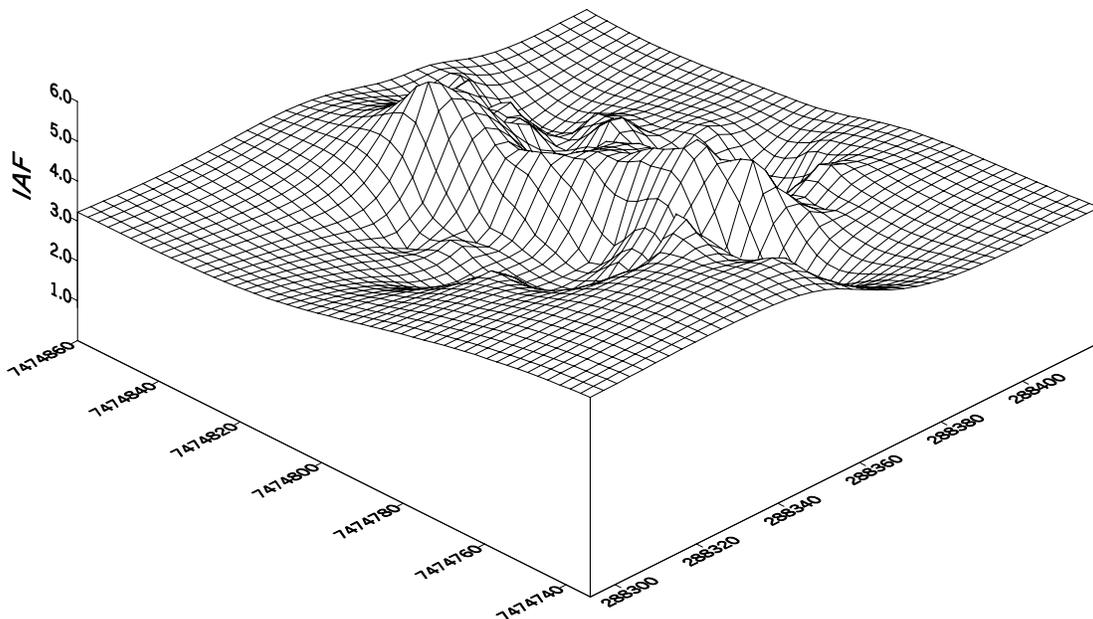
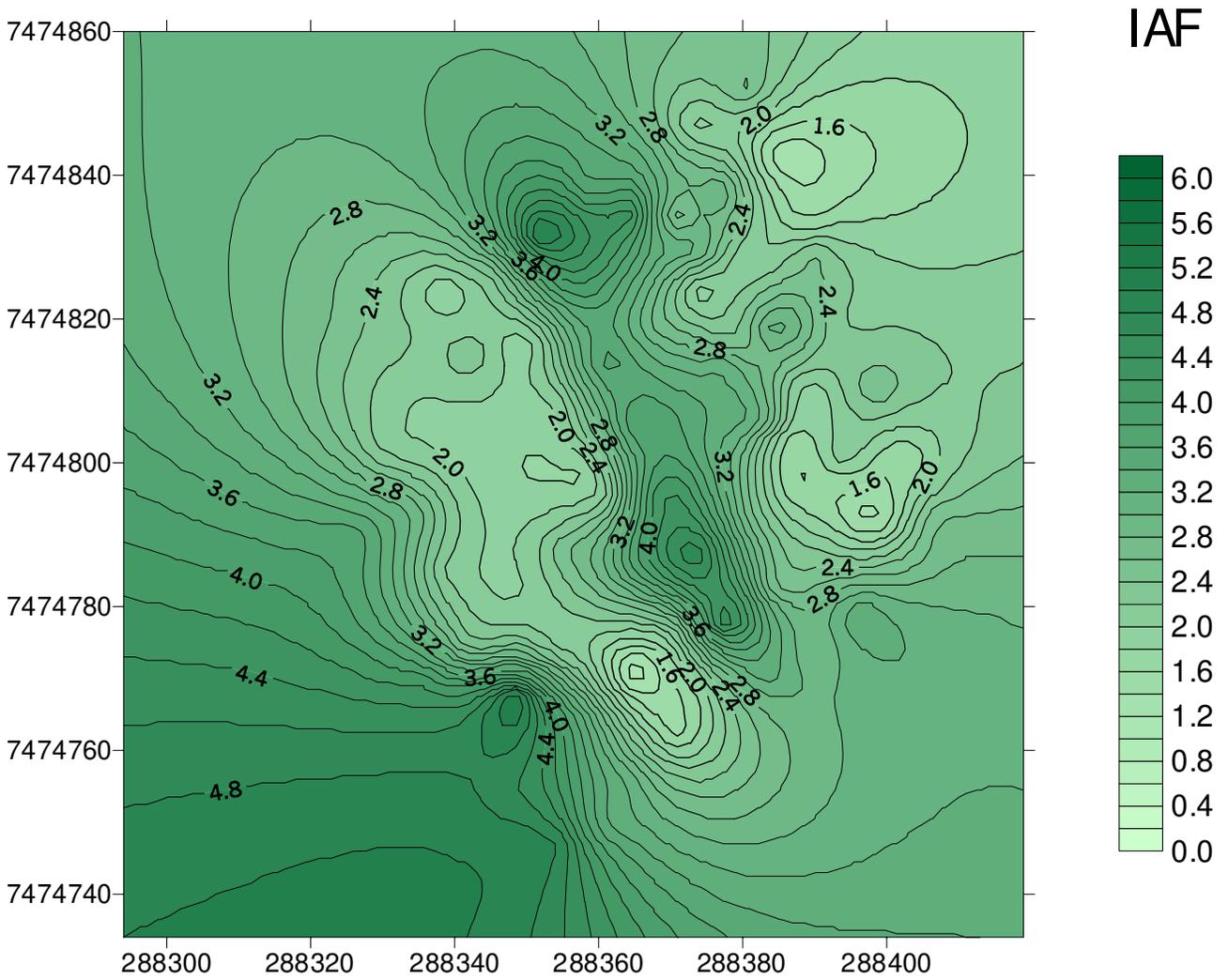
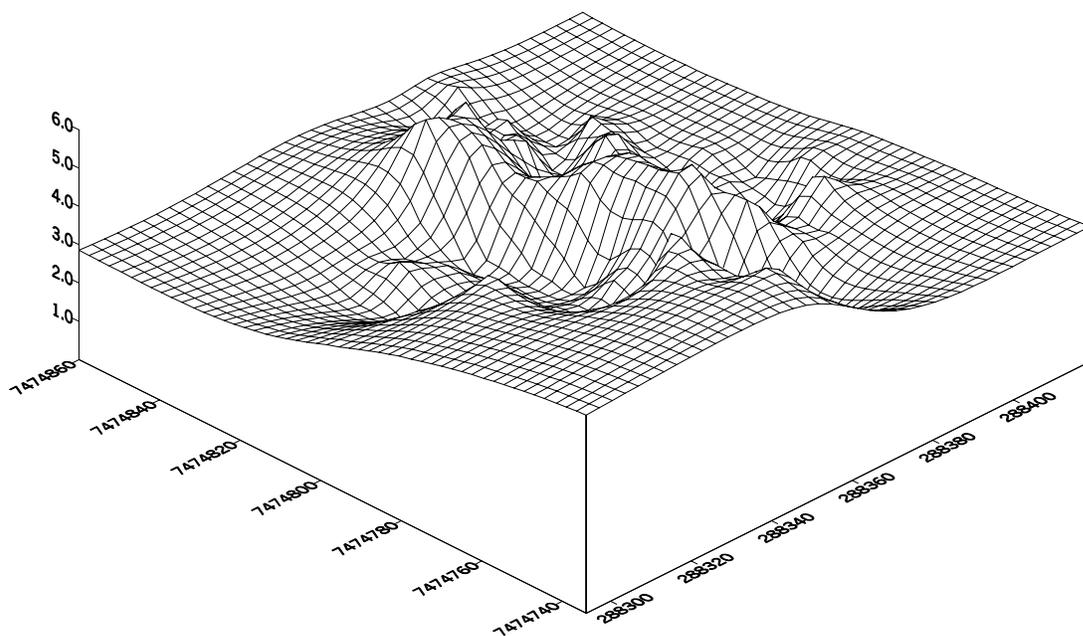
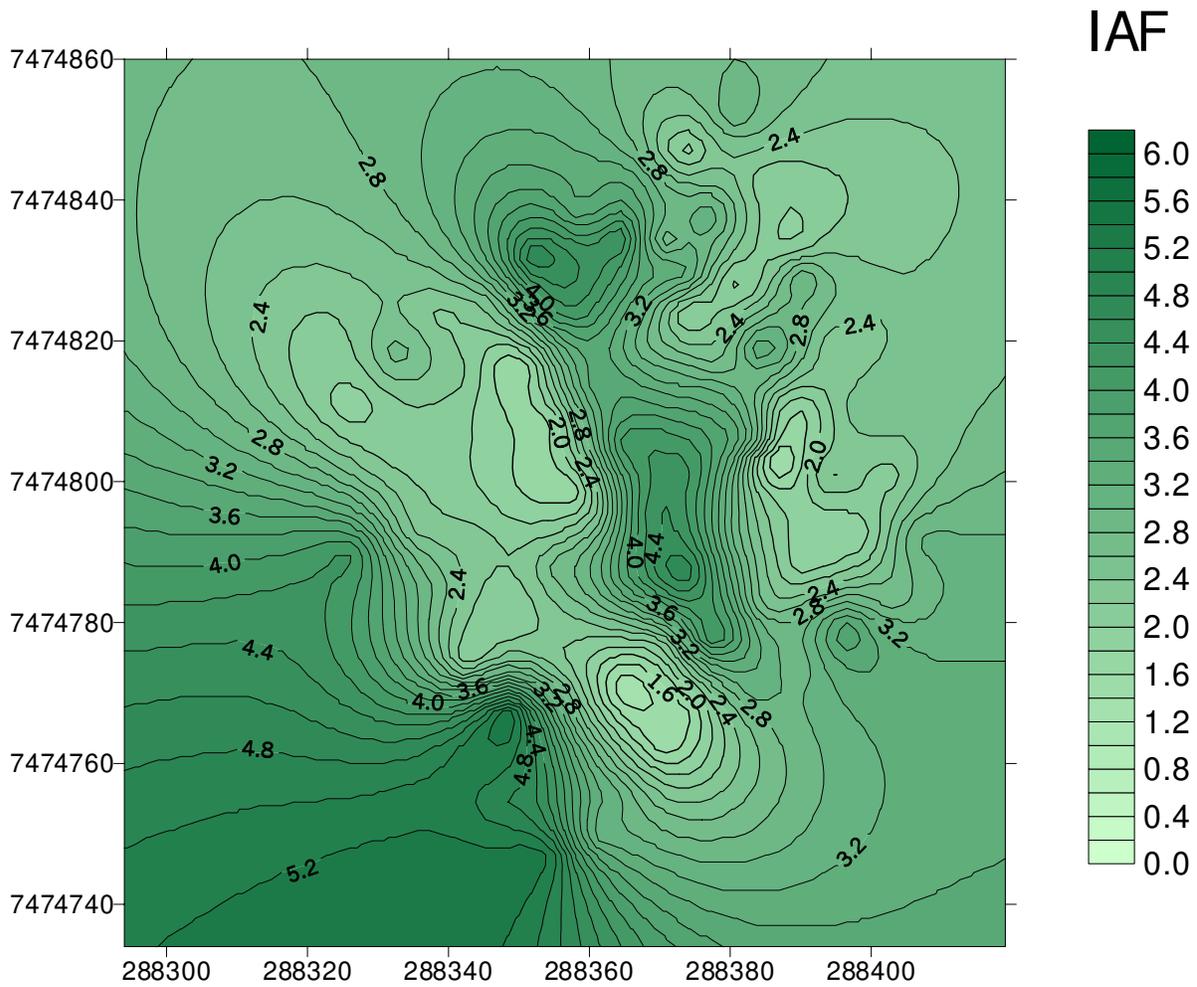


Figura D13: Distribuição espacial do índice de área foliar período 27 e 28/05/1999



**Figura D14: Distribuição espacial do índice de área foliar período 22 e 23/06/1999**

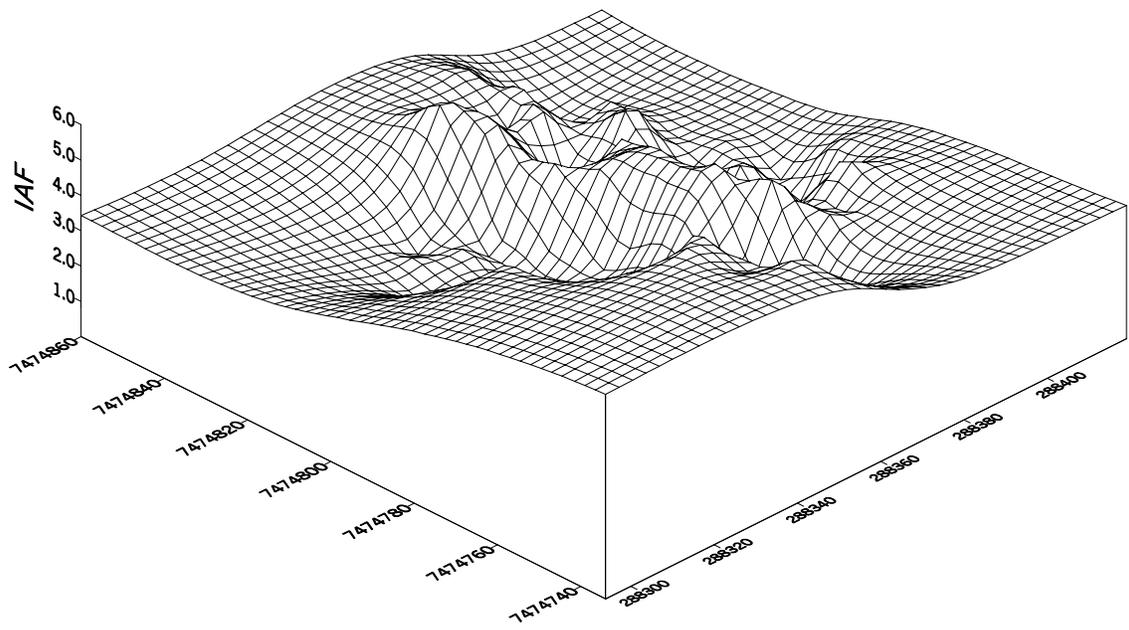
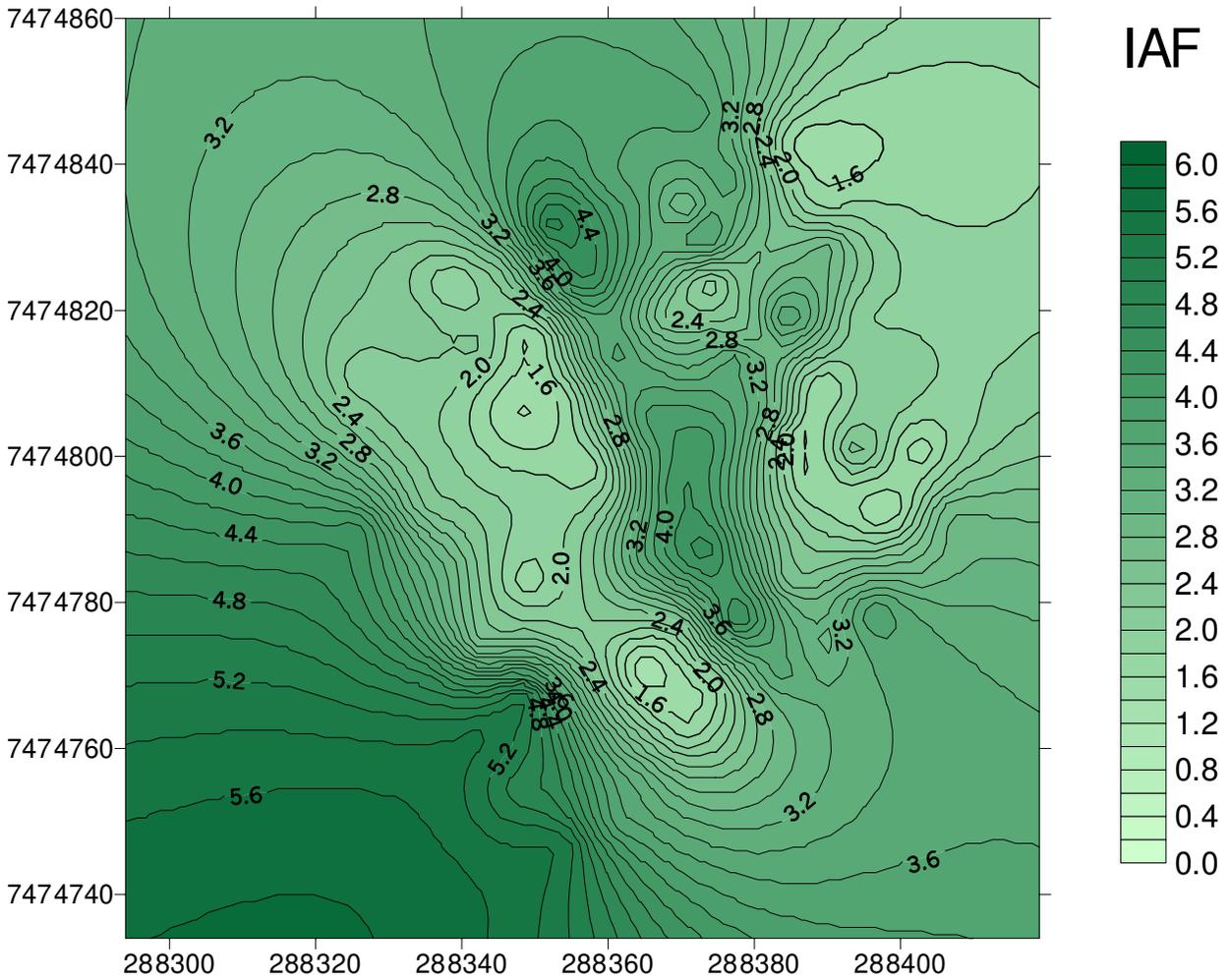


Figura D15: Distribuição espacial do índice de área foliar período 08 e 12/07/1999

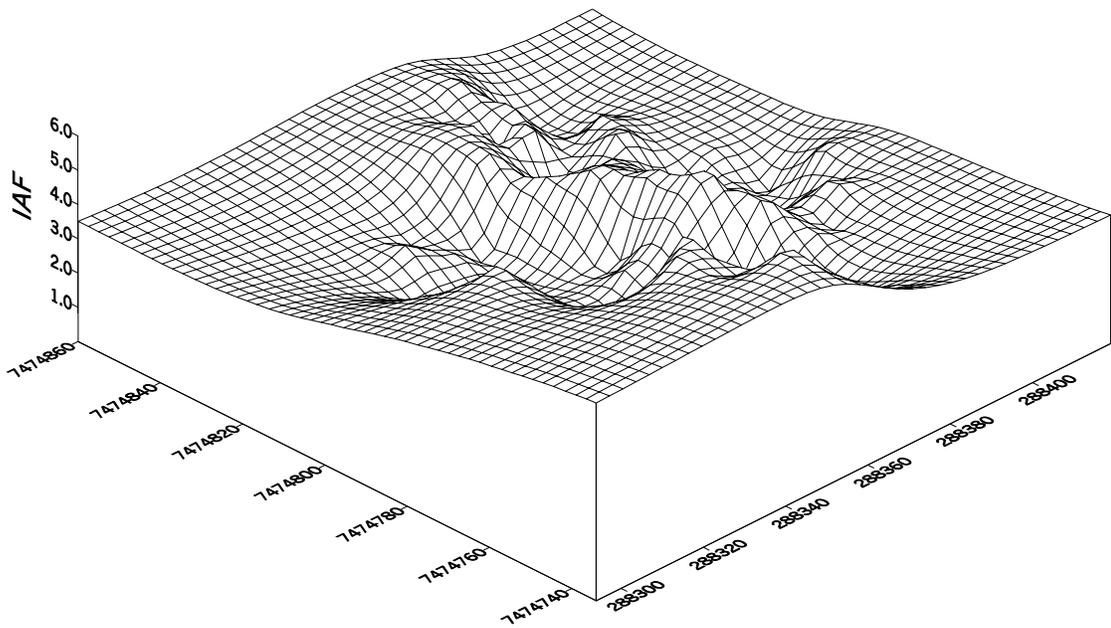
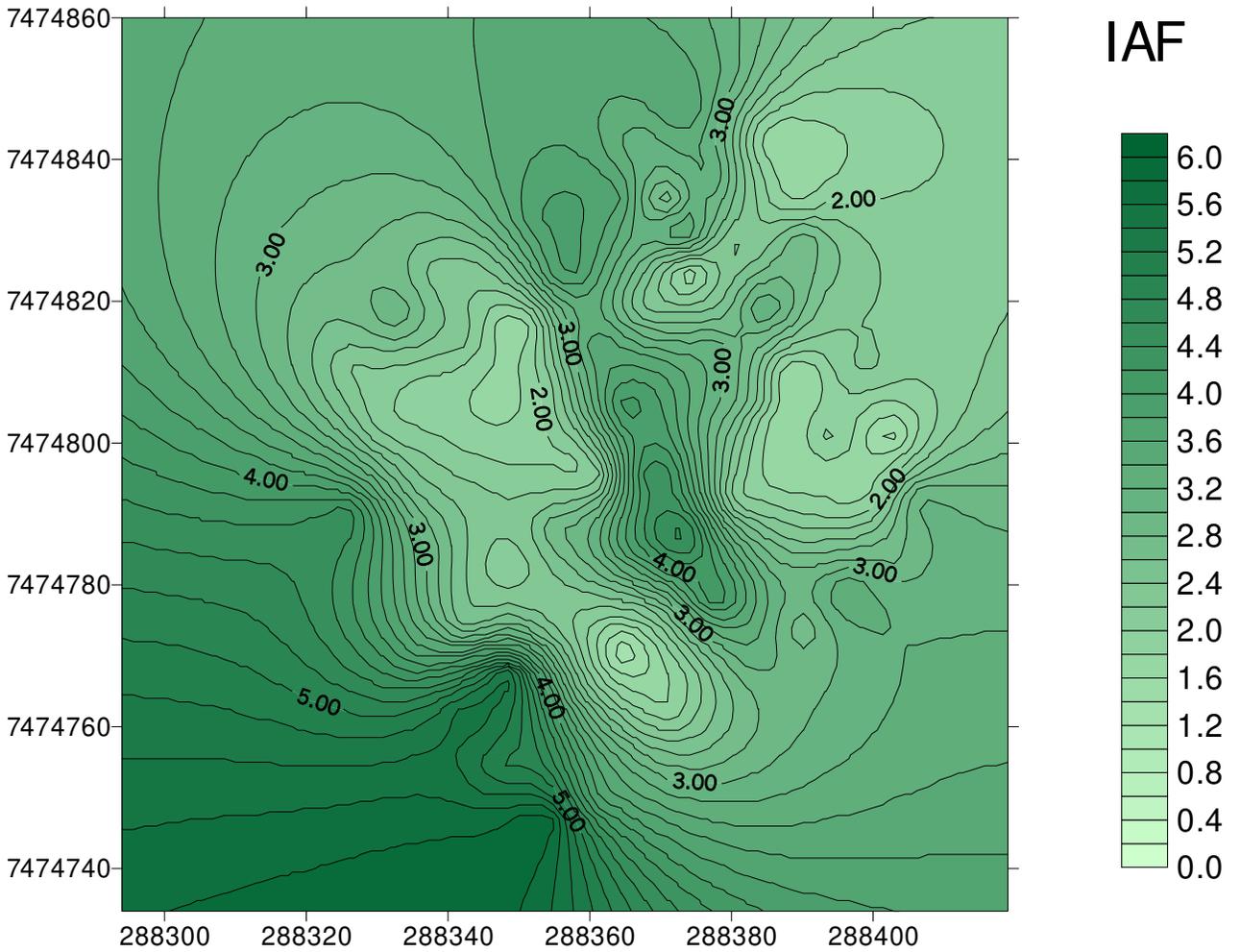
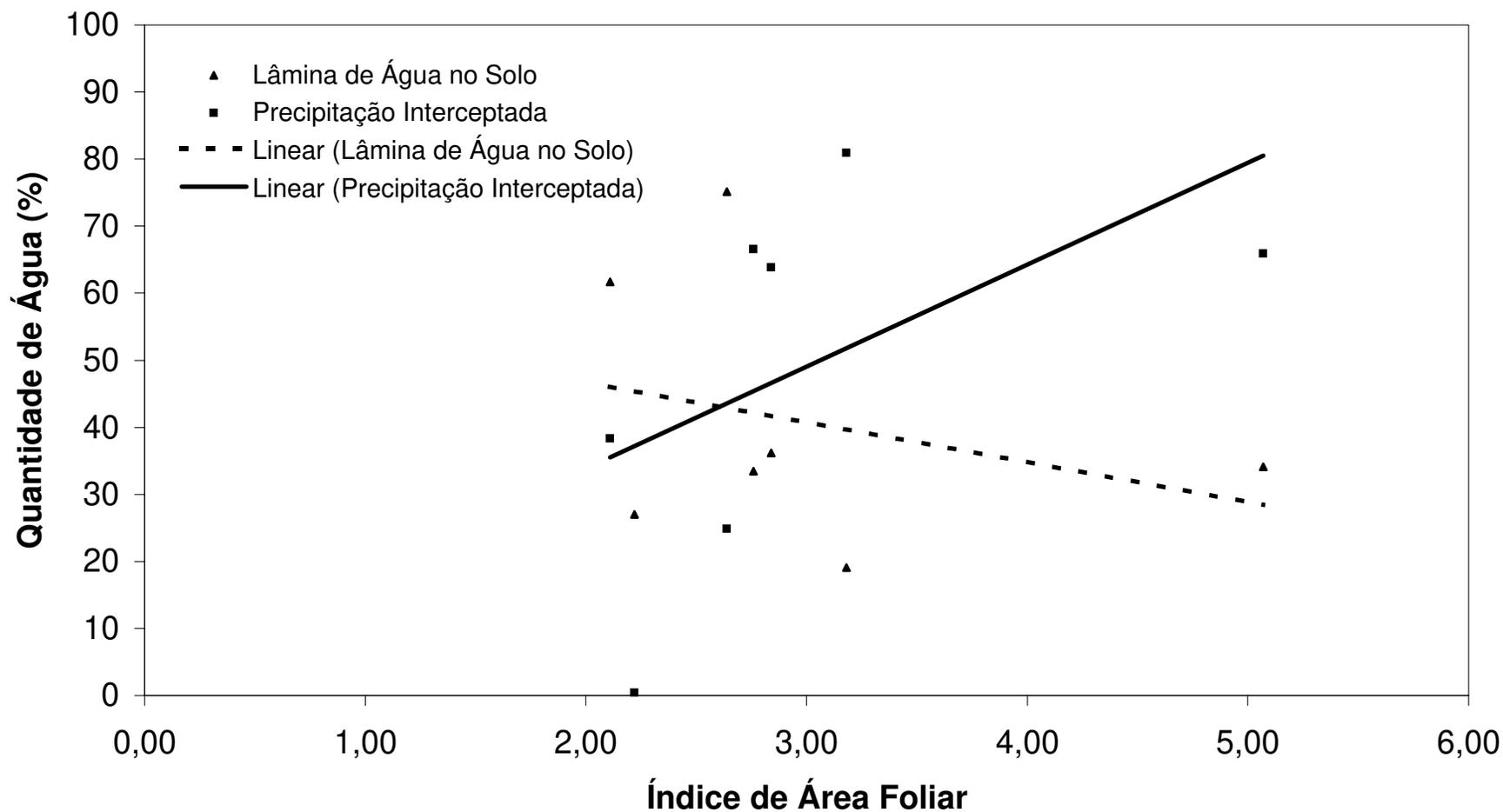


Figura D16: Distribuição espacial do índice de área foliar período 19 e 20/07/1999

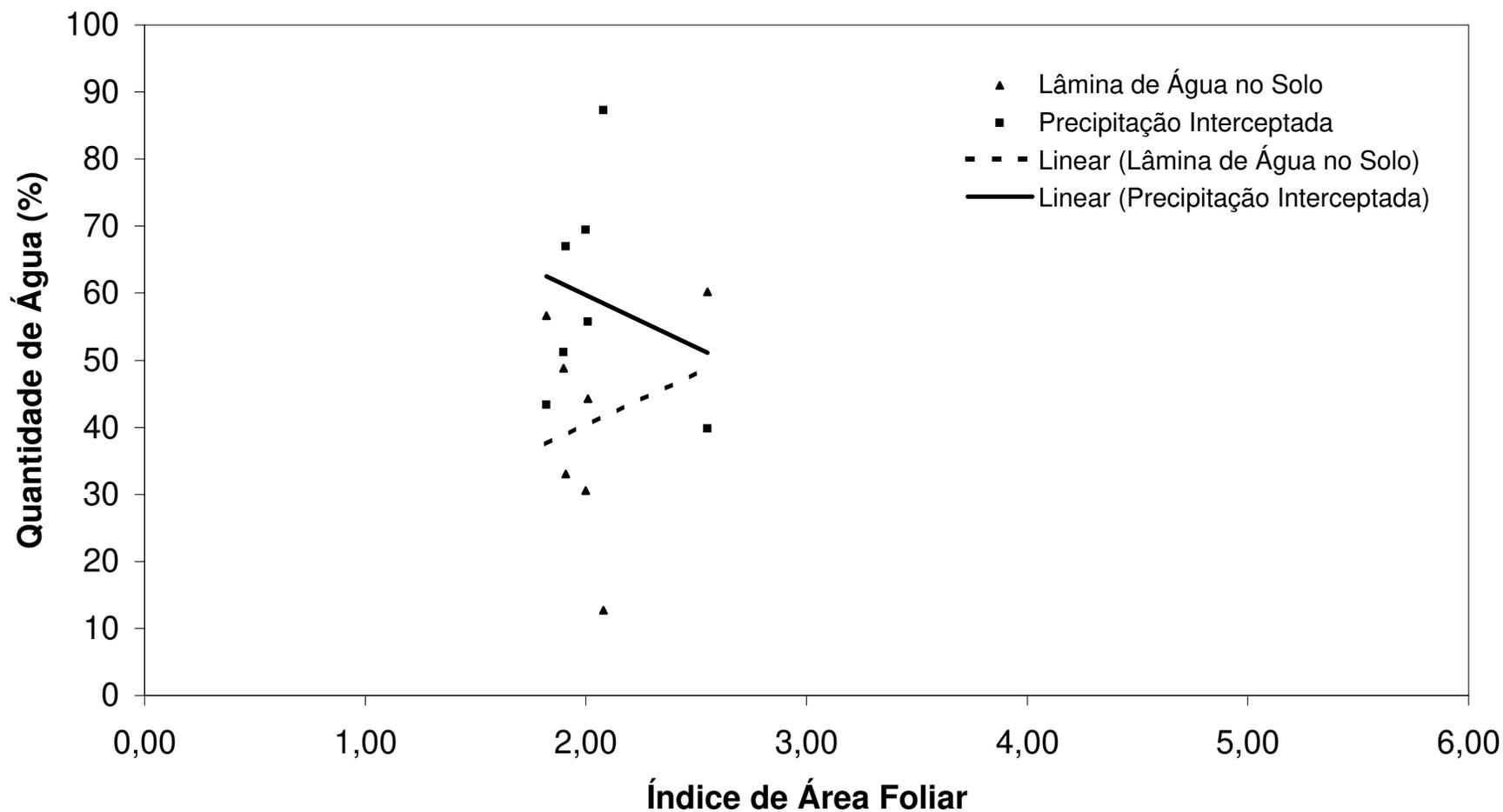
### ***9.5. APÊNDICE E***

**Figuras E1 a E29 – VARIACÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E DA PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA EM RELAÇÃO À EVOLUÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR AO LONGO DO TEMPO**

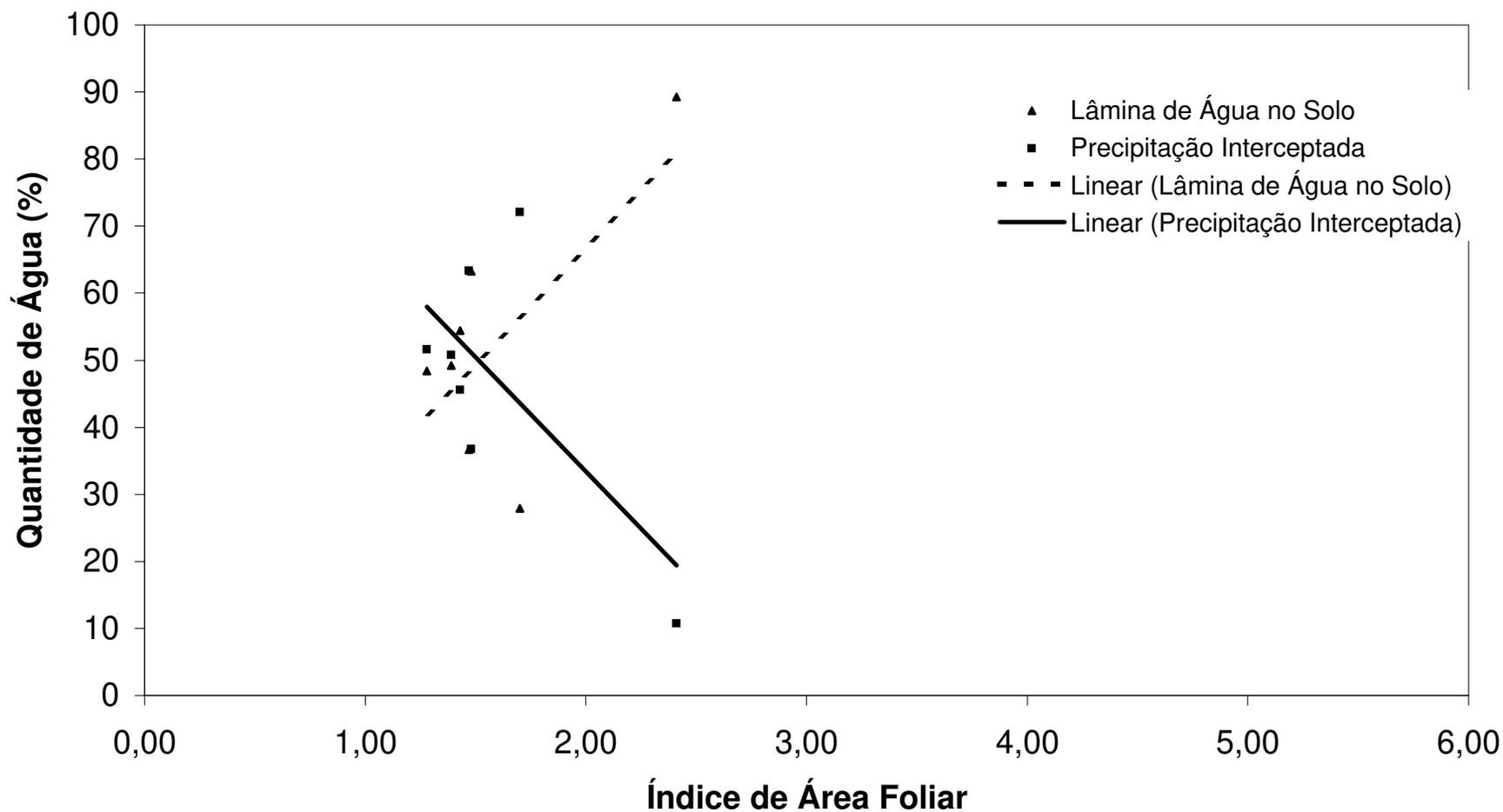
**Figura E1 - VARIÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA MÉDIA NO SOLO E DA PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA MÉDIA EM RELAÇÃO À EVOLUÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR AO LONGO DO TEMPO - CALHA 1**



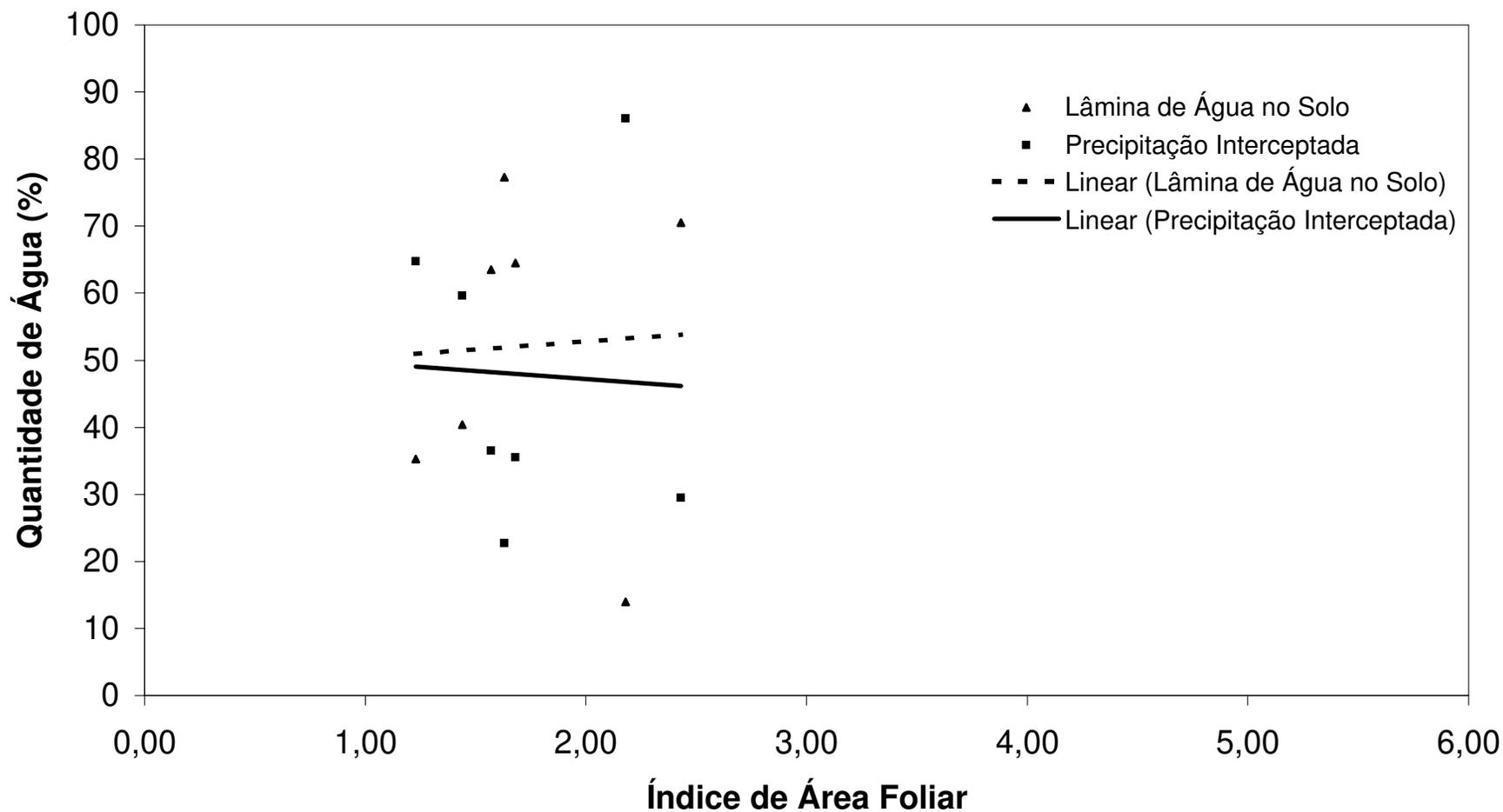
**Figura E2 - VARIÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA MÉDIA NO SOLO E DA PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA MÉDIA EM RELAÇÃO À EVOLUÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR AO LONGO DO TEMPO - CALHA 2**



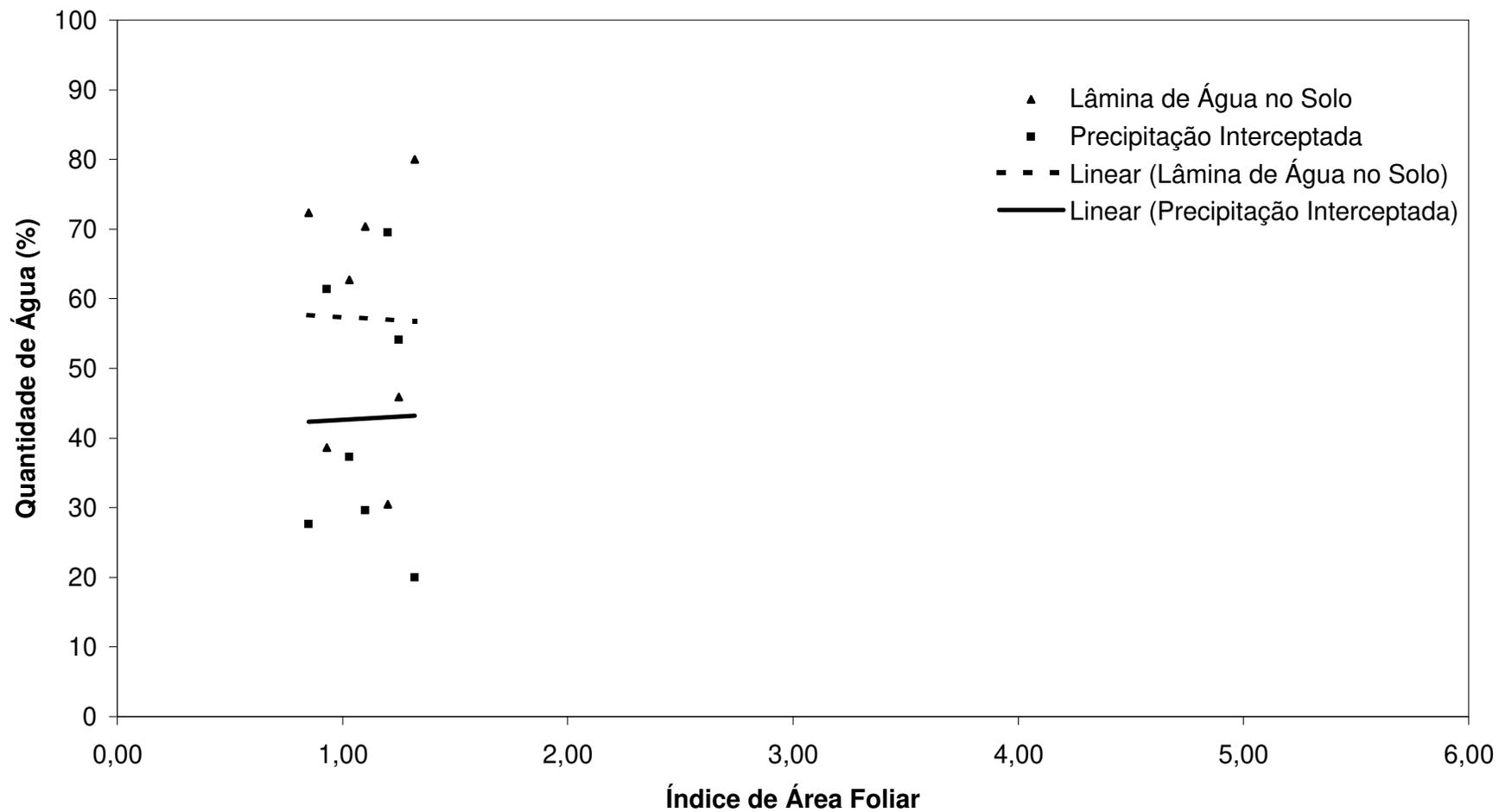
**Figura E3 - VARIÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA MÉDIA NO SOLO E DA PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA MÉDIA EM RELAÇÃO À EVOLUÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR AO LONGO DO TEMPO - CALHA 3**



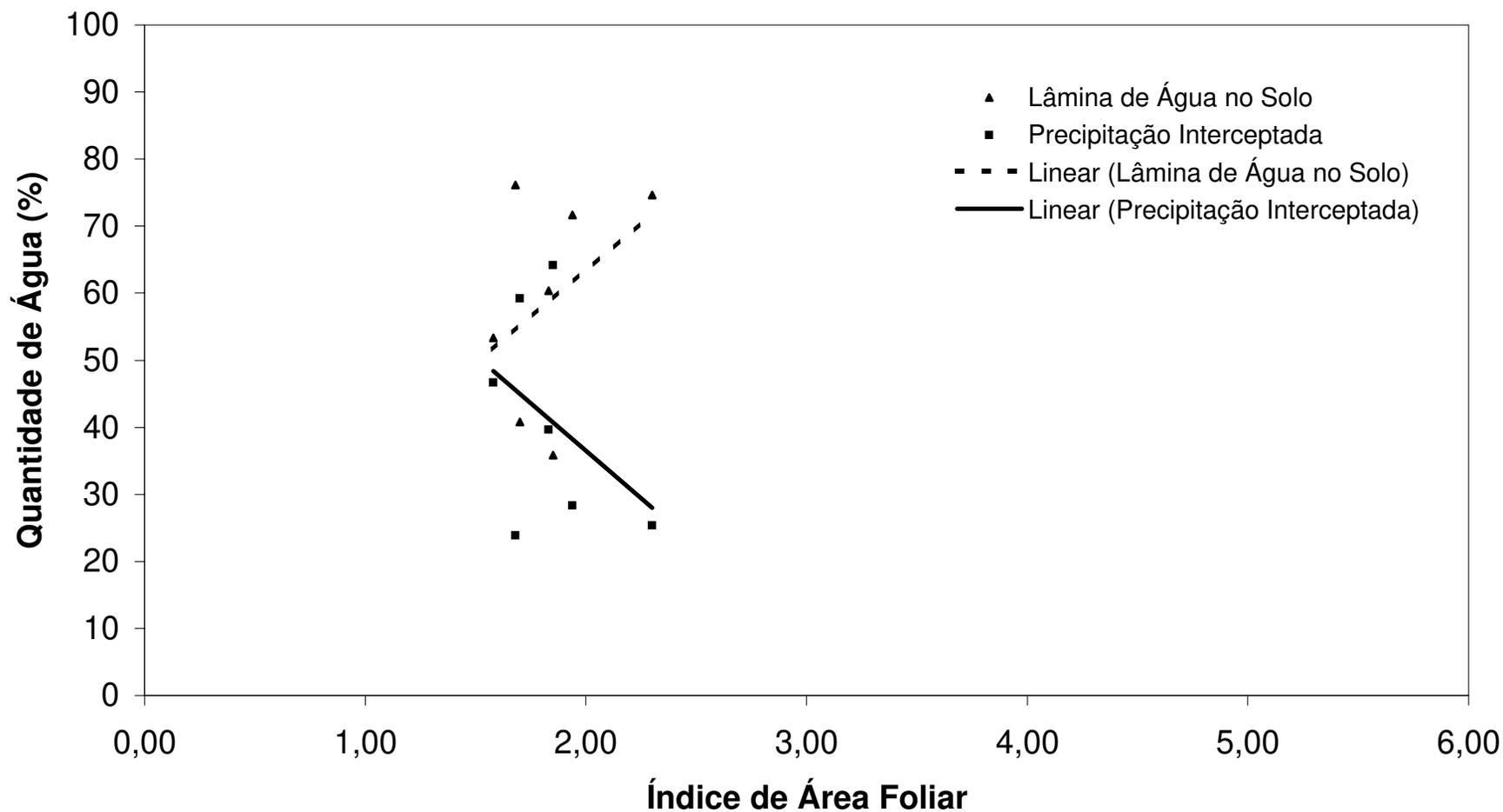
**Figura E4 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA MÉDIA NO SOLO E DA PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA MÉDIA EM RELAÇÃO À EVOLUÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR AO LONGO DO TEMPO - CALHA 4**



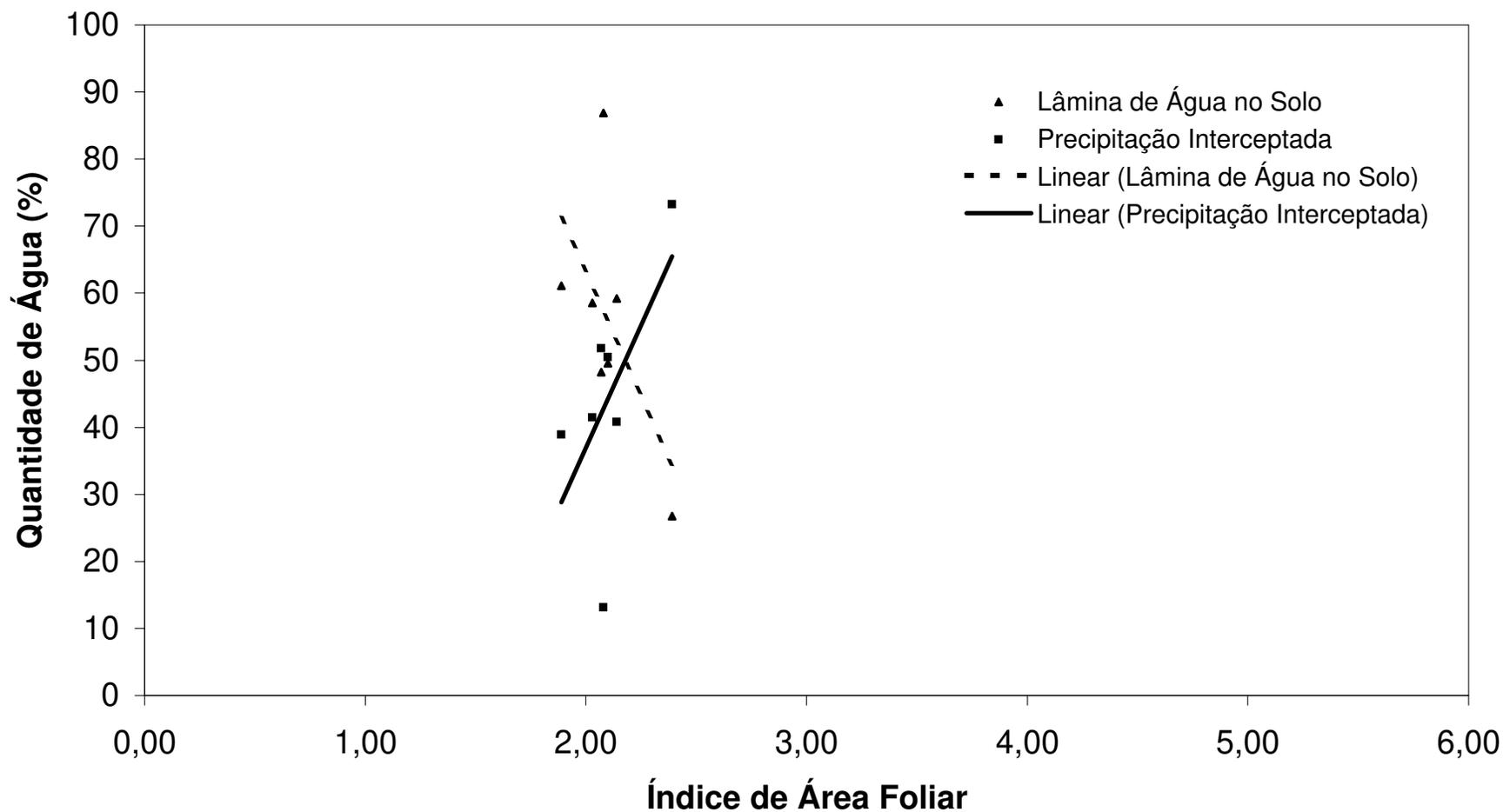
**Figura E5 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA MÉDIA NO SOLO E DA PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA MÉDIA EM RELAÇÃO À EVOLUÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR AO LONGO DO TEMPO - CALHA 5**



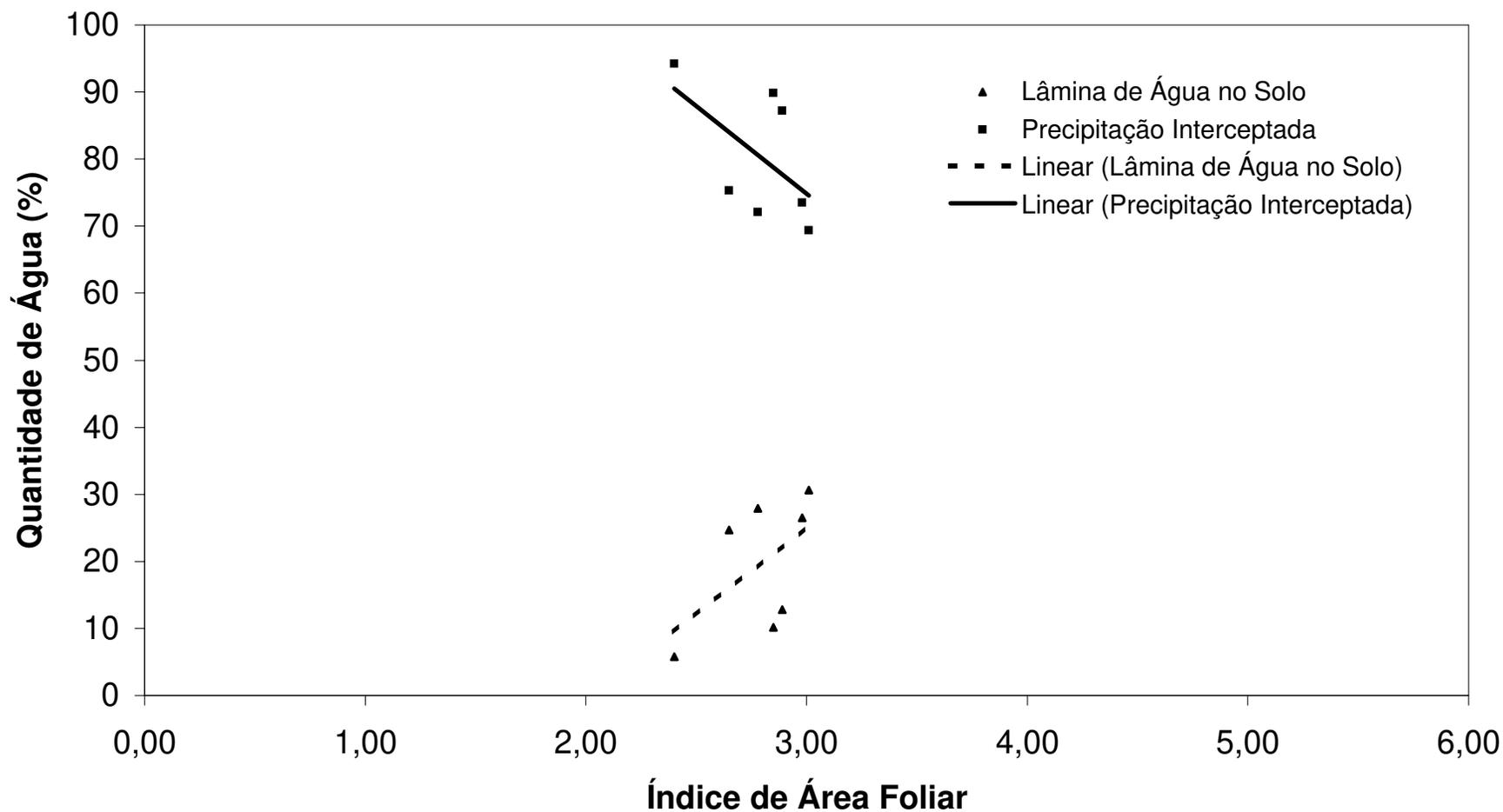
**Figura E6 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E DA PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA EM RELAÇÃO À EVOLUÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR AO LONGO DO TEMPO - CALHA 6**



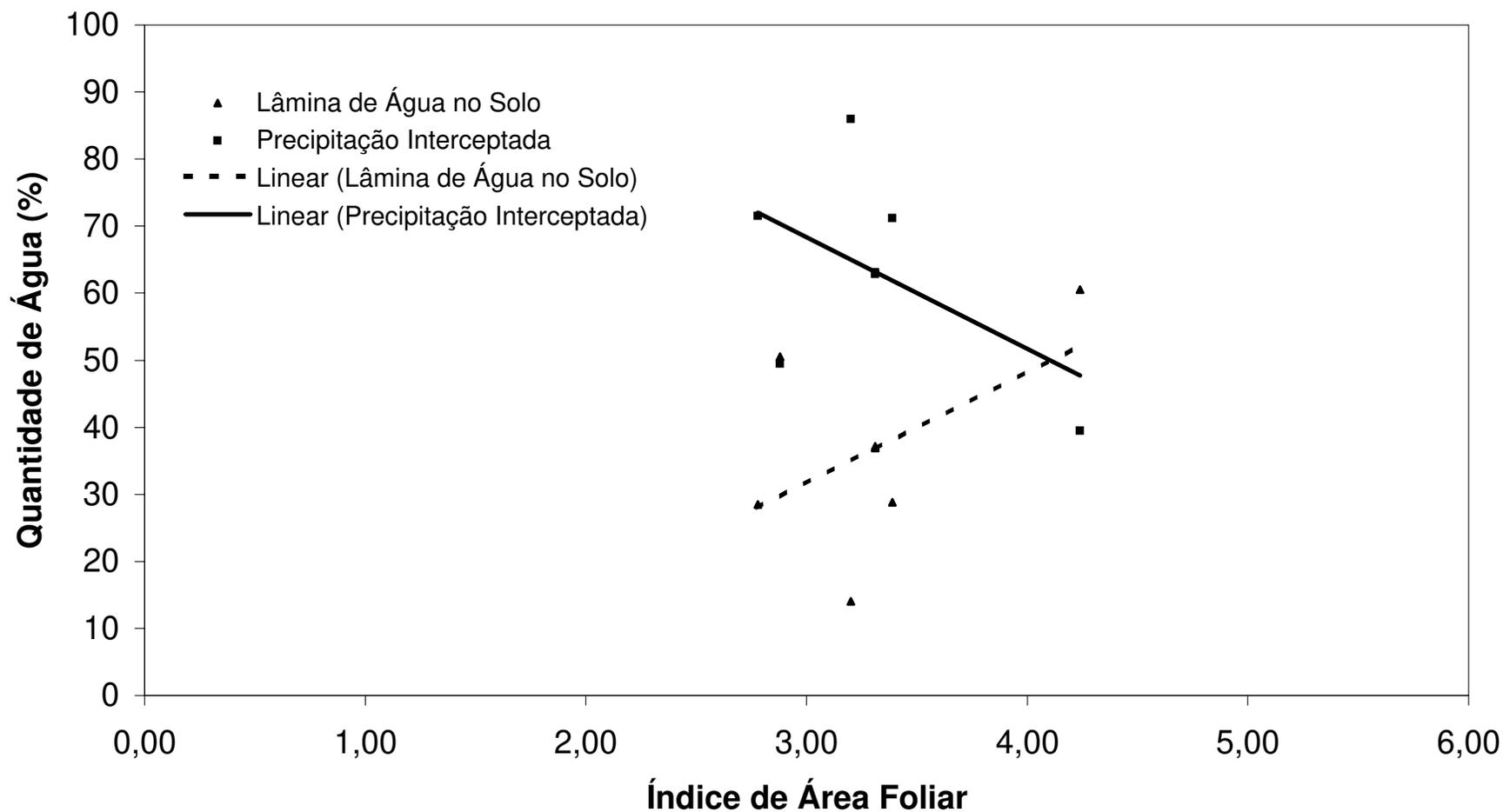
**Figura E7 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E DA PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA EM RELAÇÃO À EVOLUÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR AO LONGO DO TEMPO - CALHA 7**



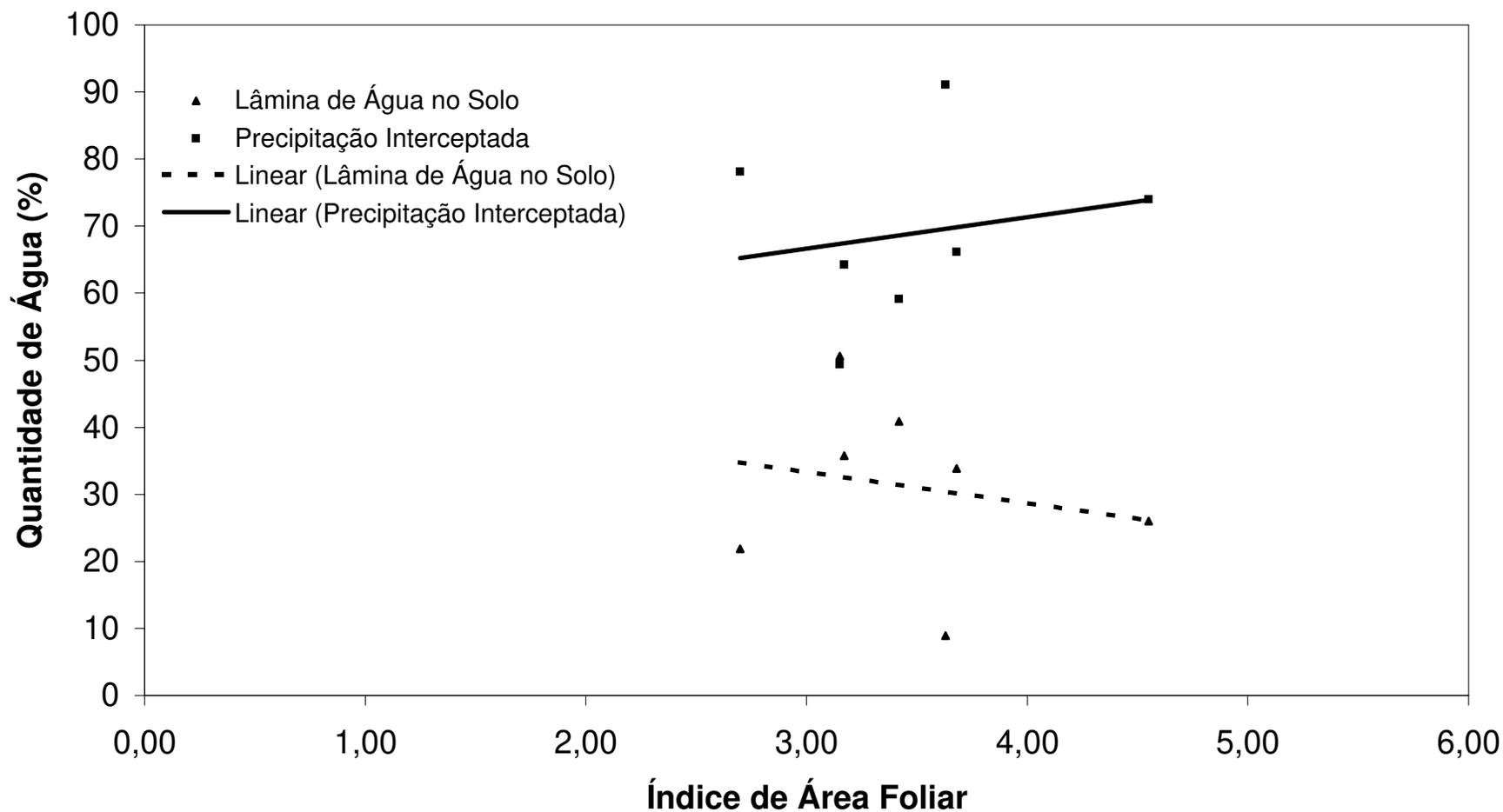
**Figura E8 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E DA PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA EM RELAÇÃO À EVOLUÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR AO LONGO DO TEMPO - CALHA 8**



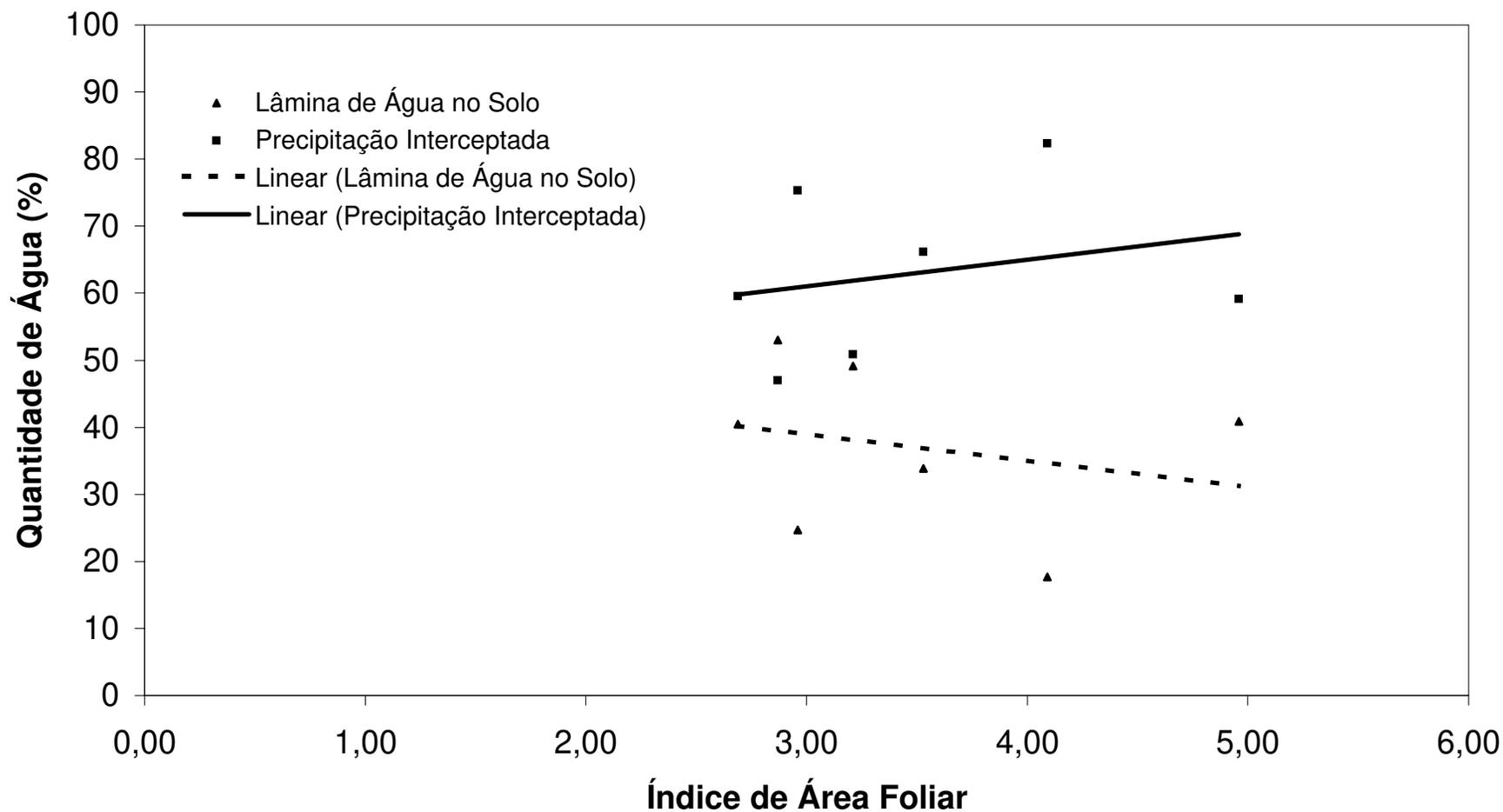
**Figura E9 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E DA PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA EM RELAÇÃO À EVOLUÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR AO LONGO DO TEMPO - CALHA 9**



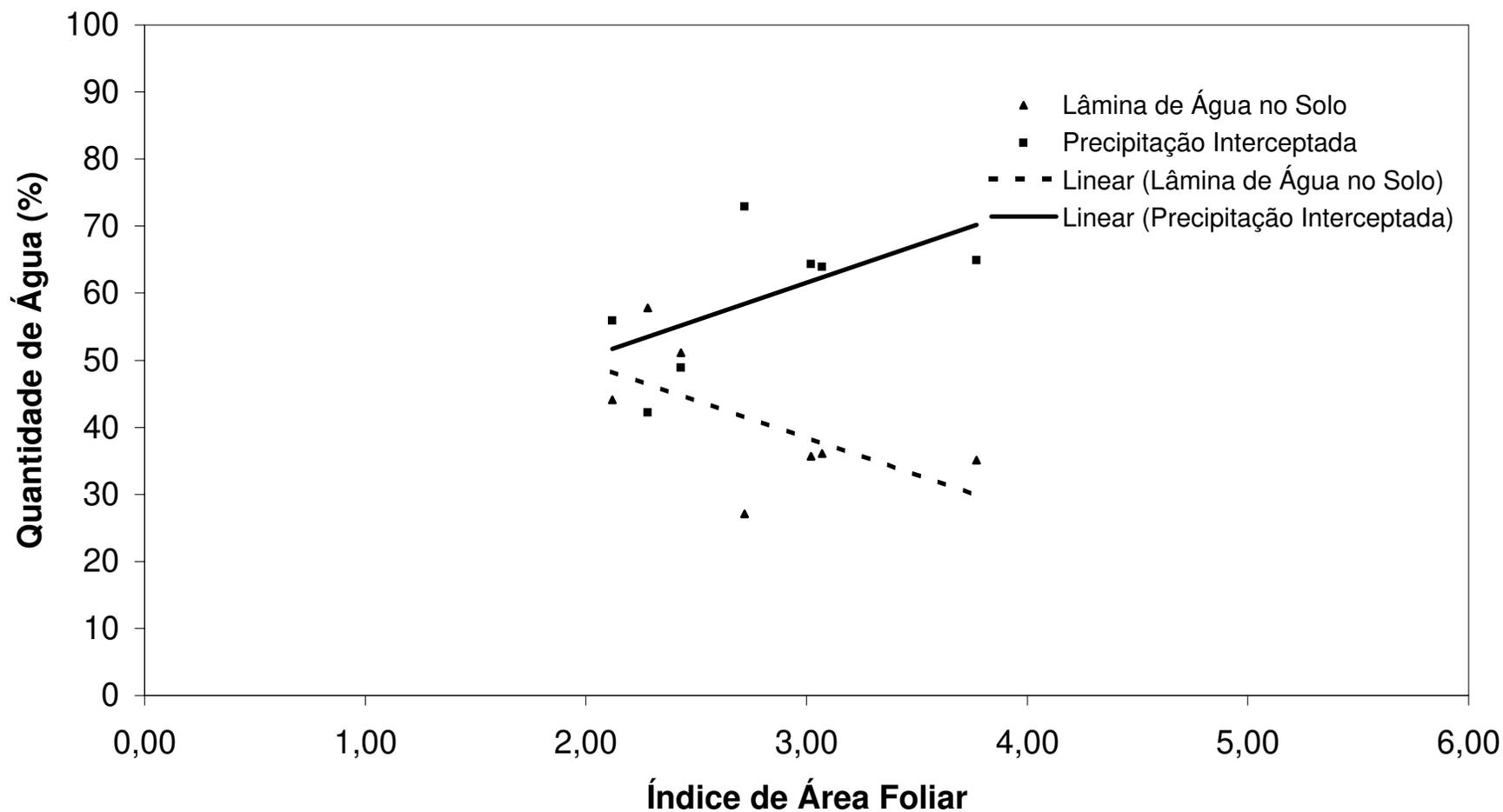
**Figura E10 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E DA PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA EM RELAÇÃO À EVOLUÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR AO LONGO DO TEMPO - CALHA 10**



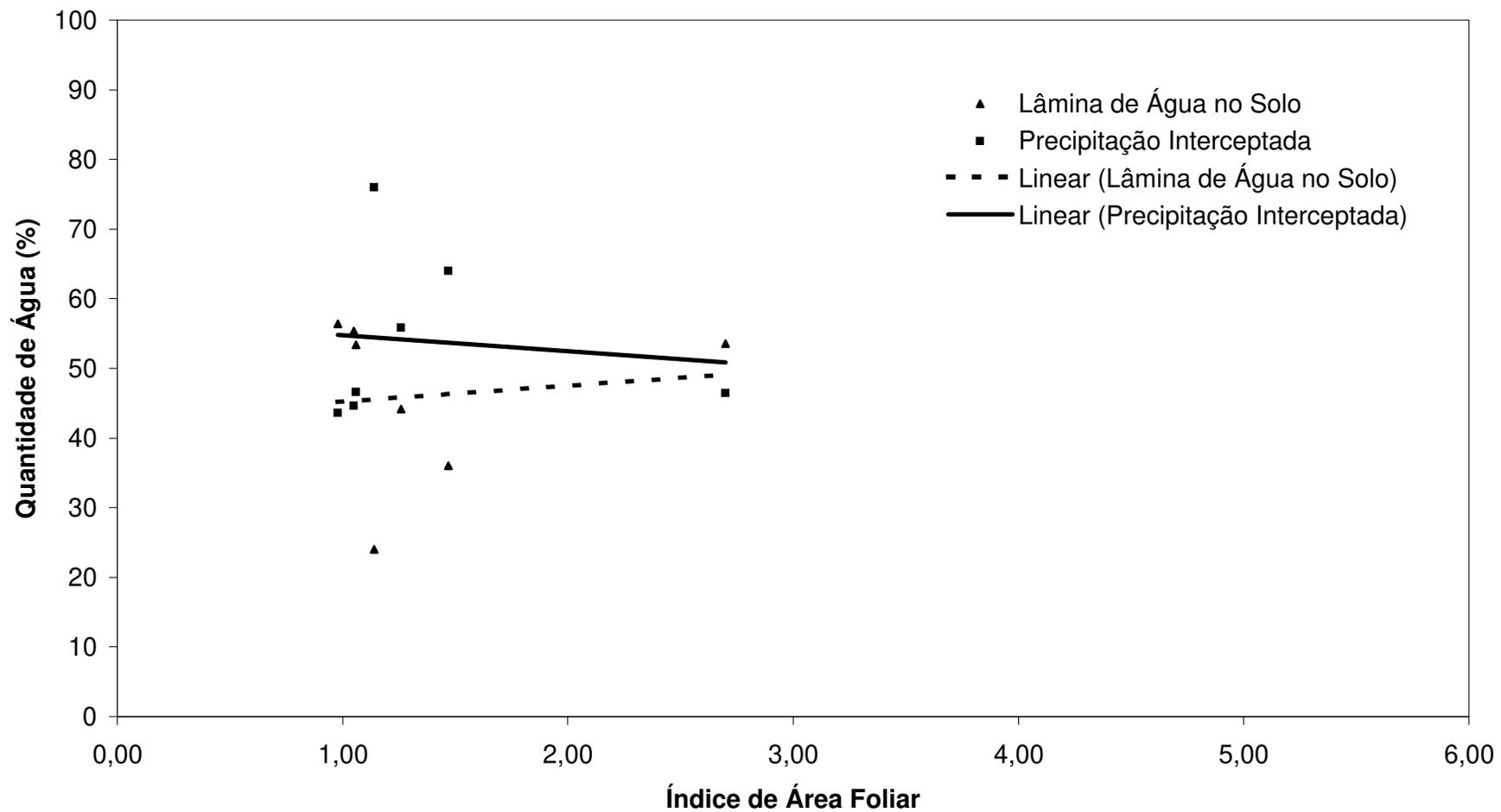
**Figura E11 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E DA PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA EM RELAÇÃO À EVOLUÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR AO LONGO DO TEMPO - CALHA 11**



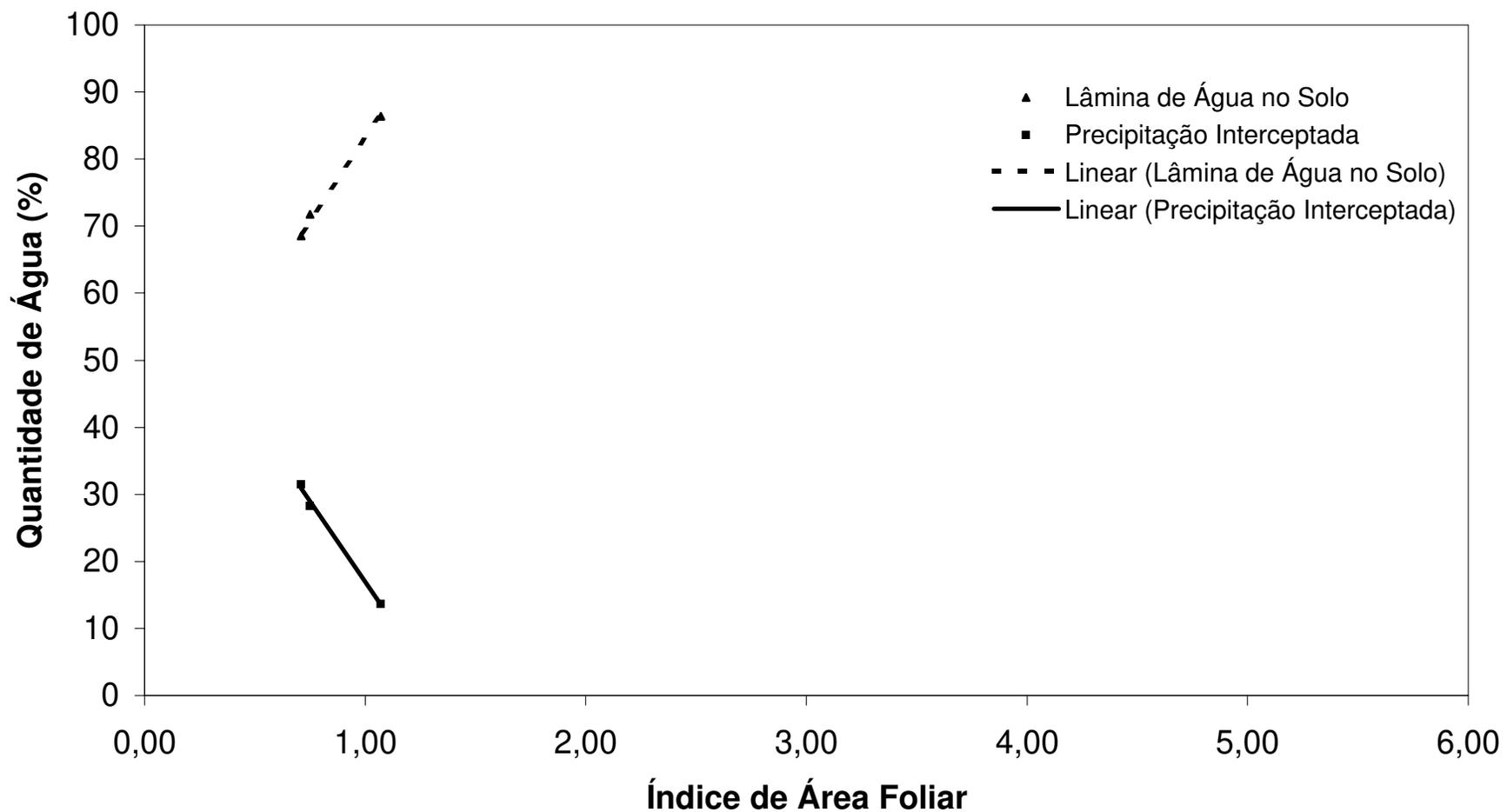
**Figura E12 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E DA PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA EM RELAÇÃO À EVOLUÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR AO LONGO DO TEMPO - CALHA 12**



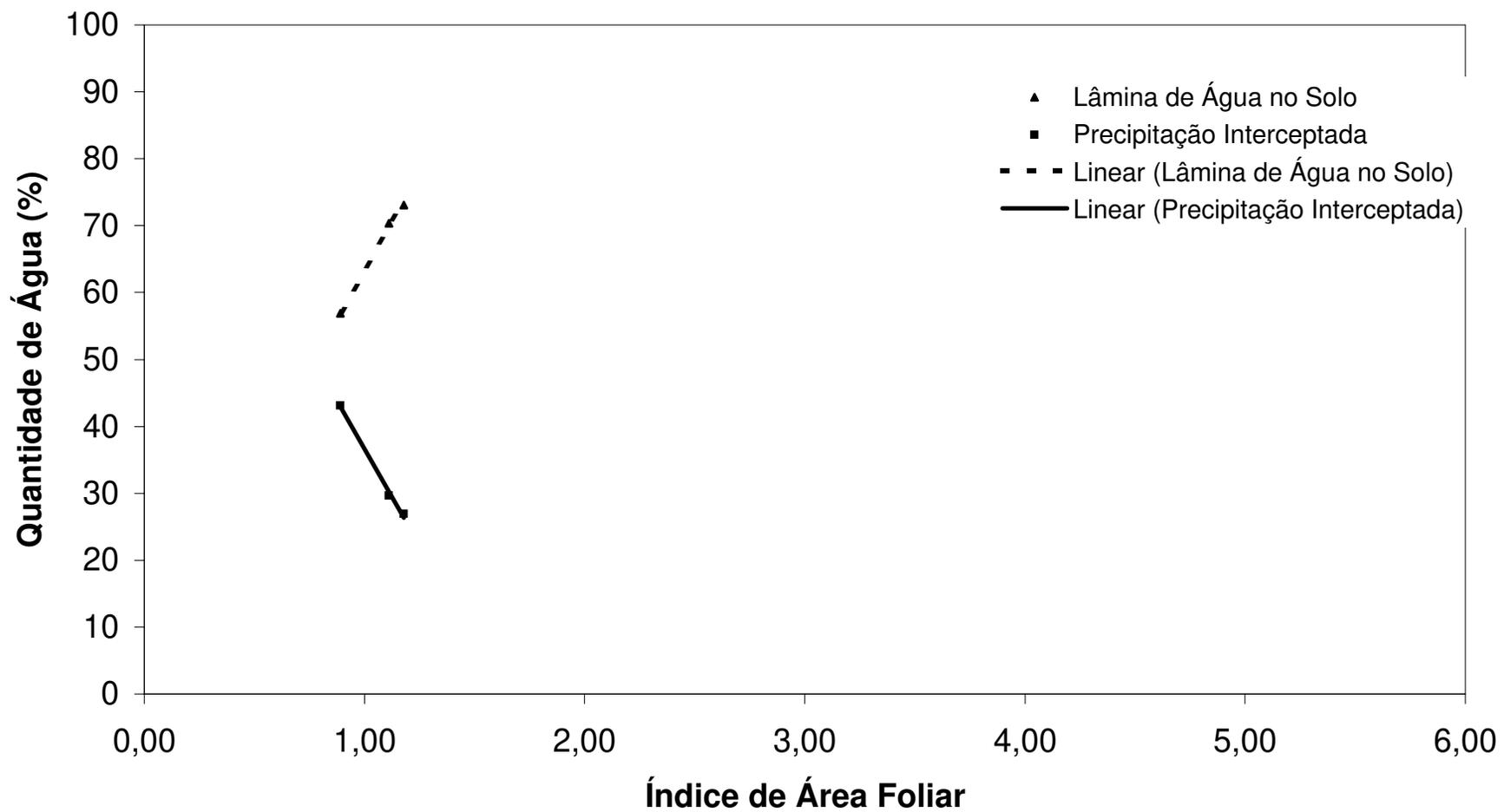
**Figura E13 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E DA PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA EM RELAÇÃO À EVOLUÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR AO LONGO DO TEMPO - CALHA 13**



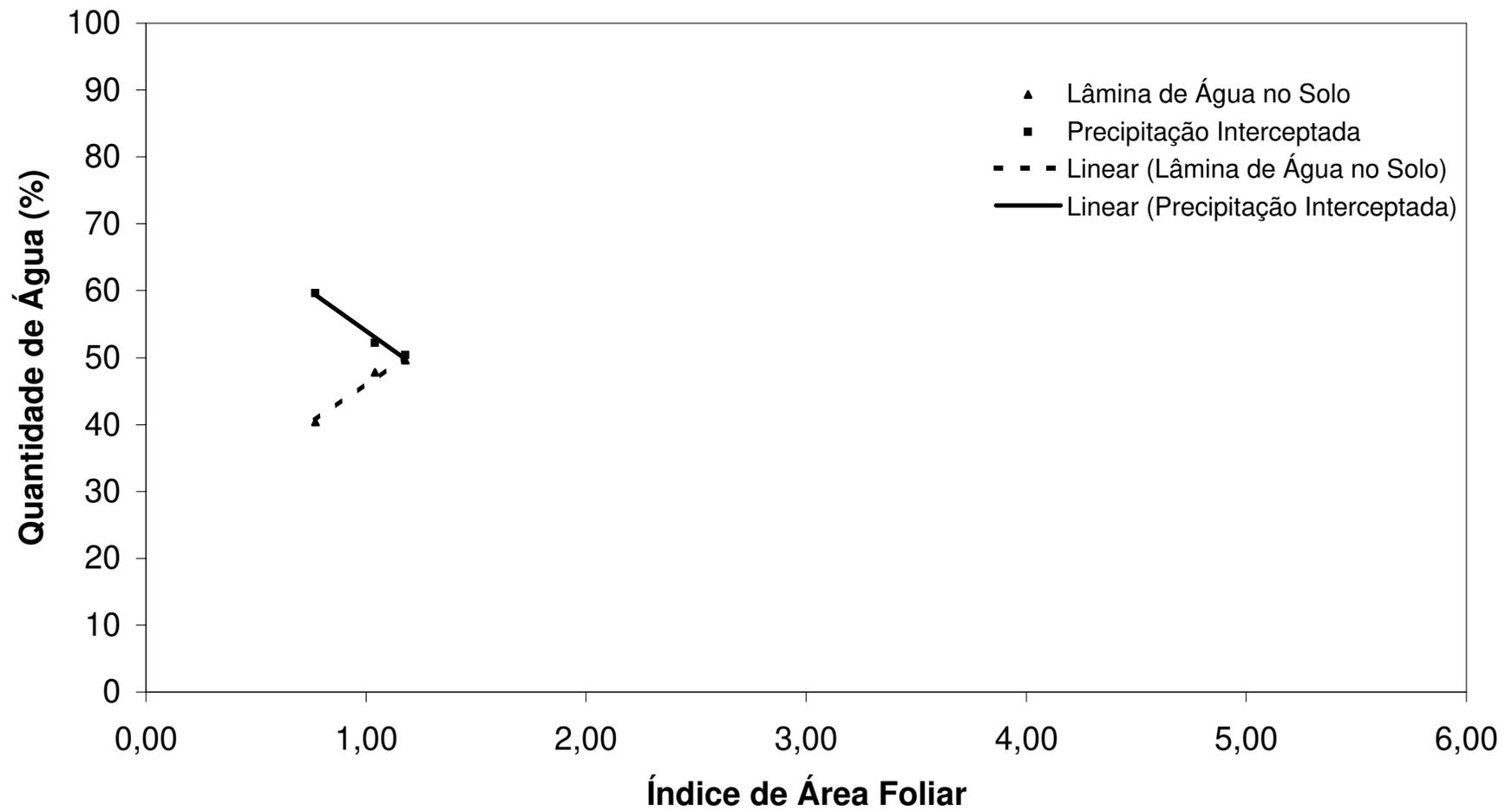
**Figura E14 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E DA PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA EM RELAÇÃO À EVOLUÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR AO LONGO DO TEMPO - CALHA 14**



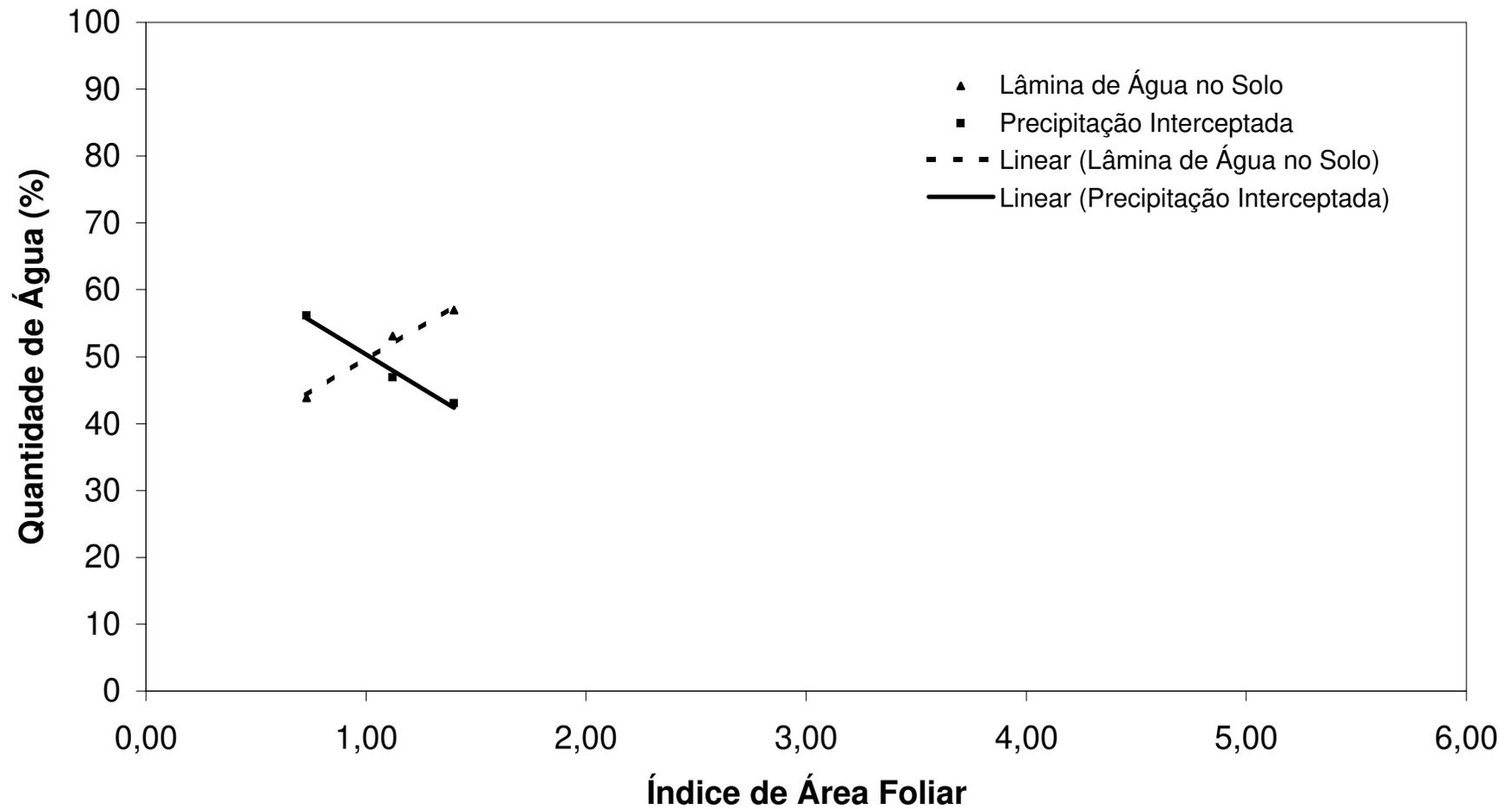
**Figura E15 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E DA PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA EM RELAÇÃO À EVOLUÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR AO LONGO DO TEMPO - CALHA 15**



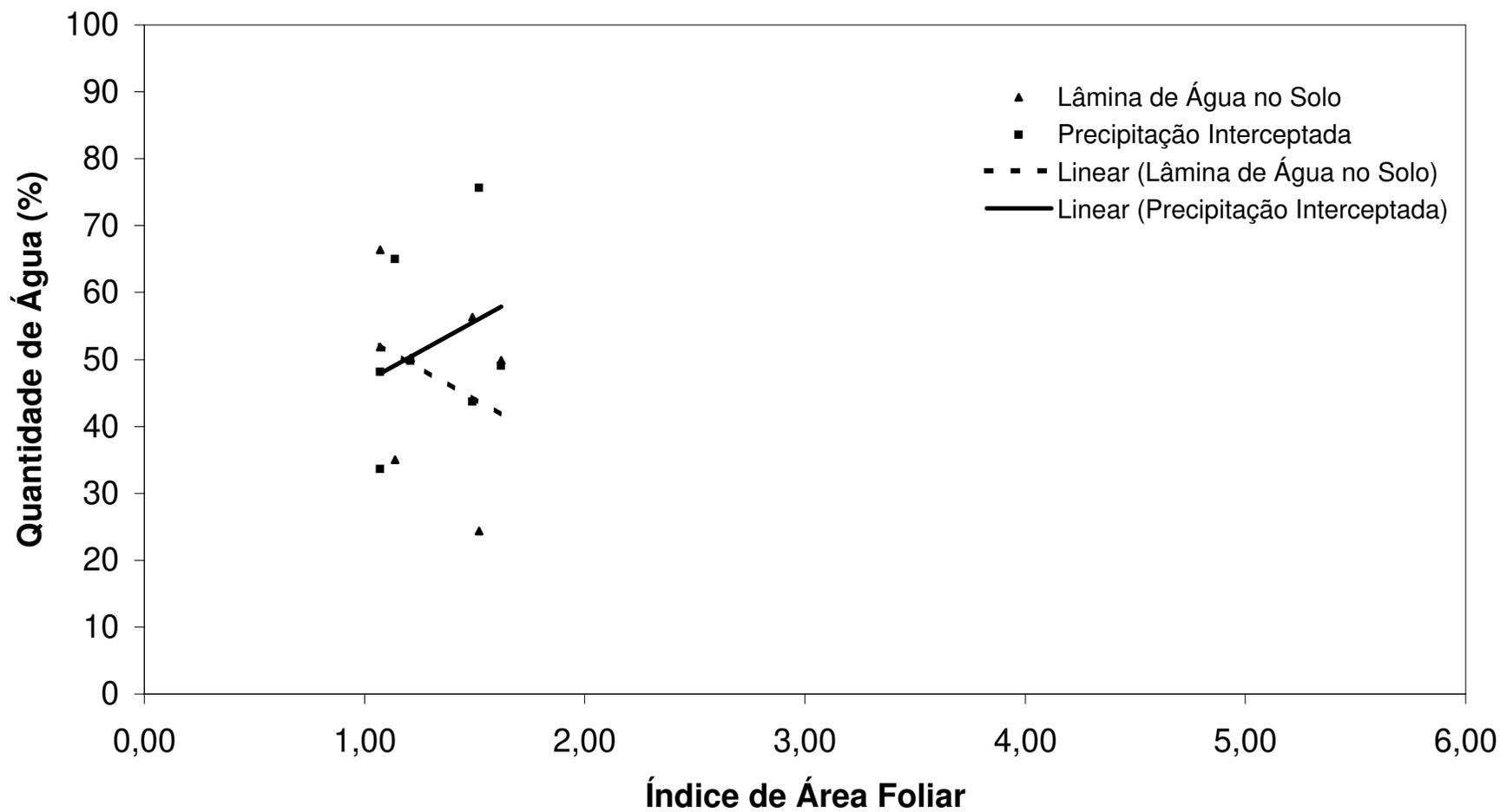
**Figura E16 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E DA PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA EM RELAÇÃO À EVOLUÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR AO LONGO DO TEMPO - CALHA 16**



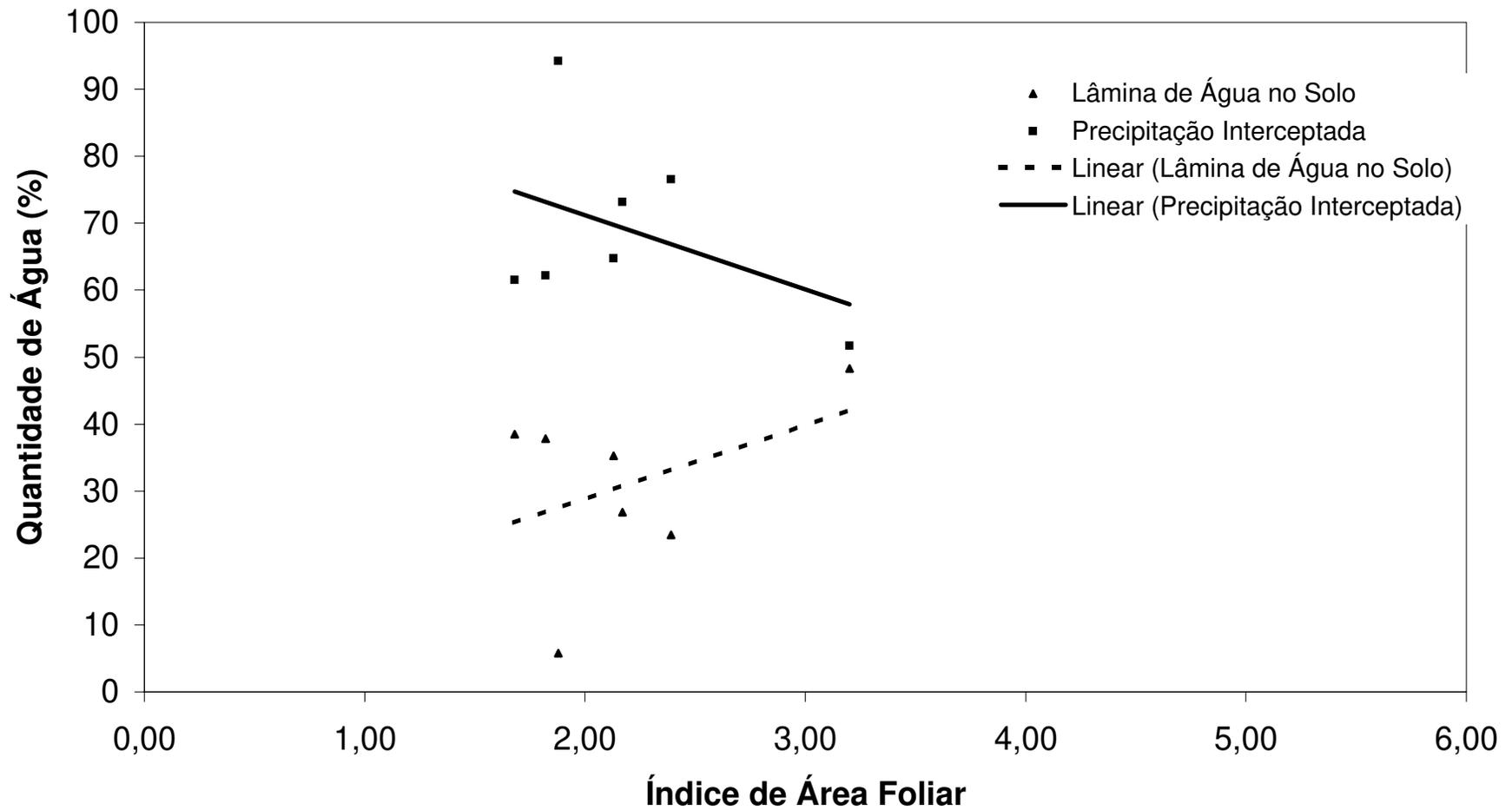
**Figura E17 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E DA PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA EM RELAÇÃO À EVOLUÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR AO LONGO DO TEMPO - CALHA 17**



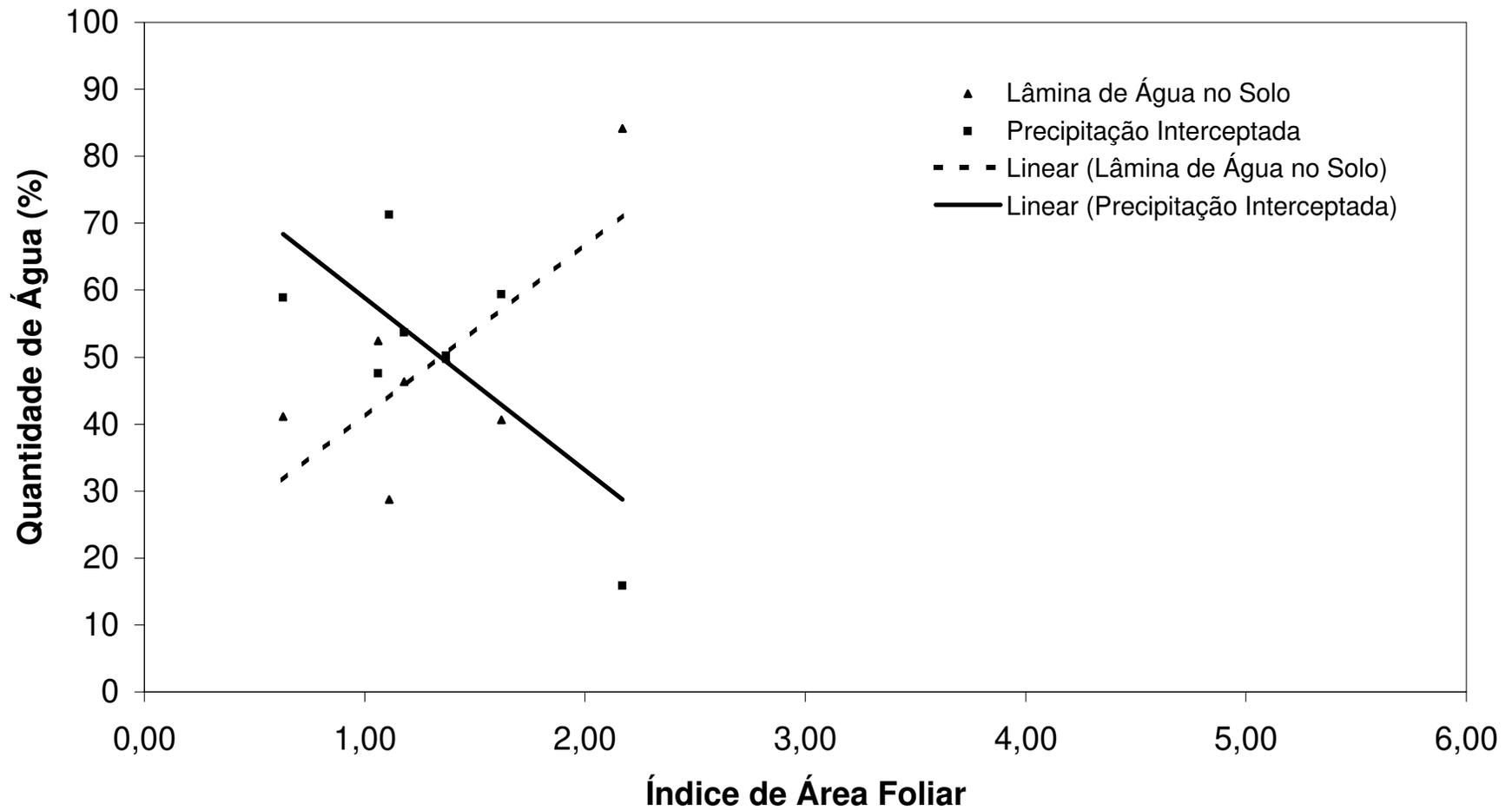
**Figura E18 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E DA PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA EM RELAÇÃO À EVOLUÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR AO LONGO DO TEMPO - CALHA 18**



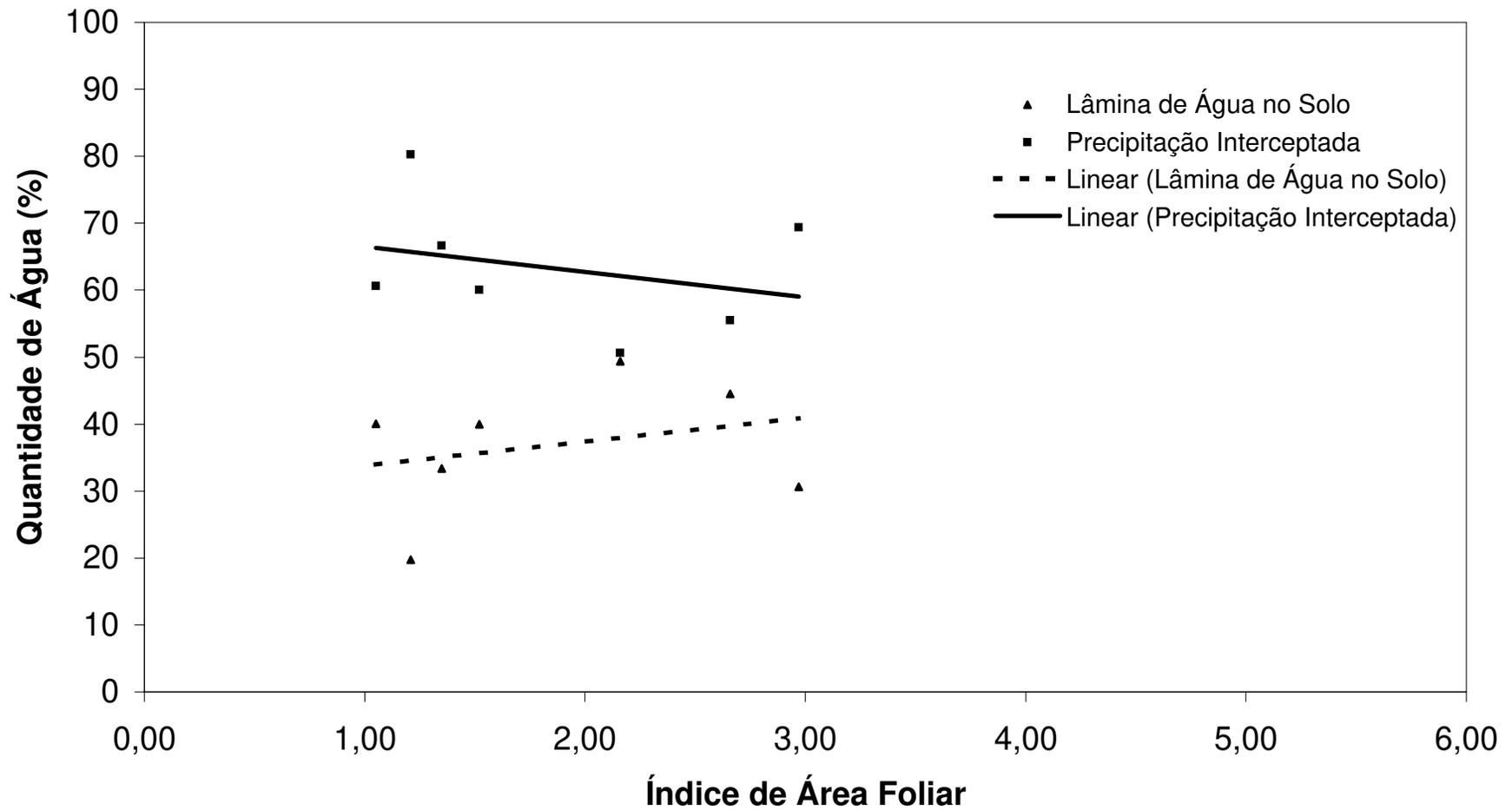
**Figura E19 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E DA PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA EM RELAÇÃO À EVOLUÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR AO LONGO DO TEMPO - CALHA 19**



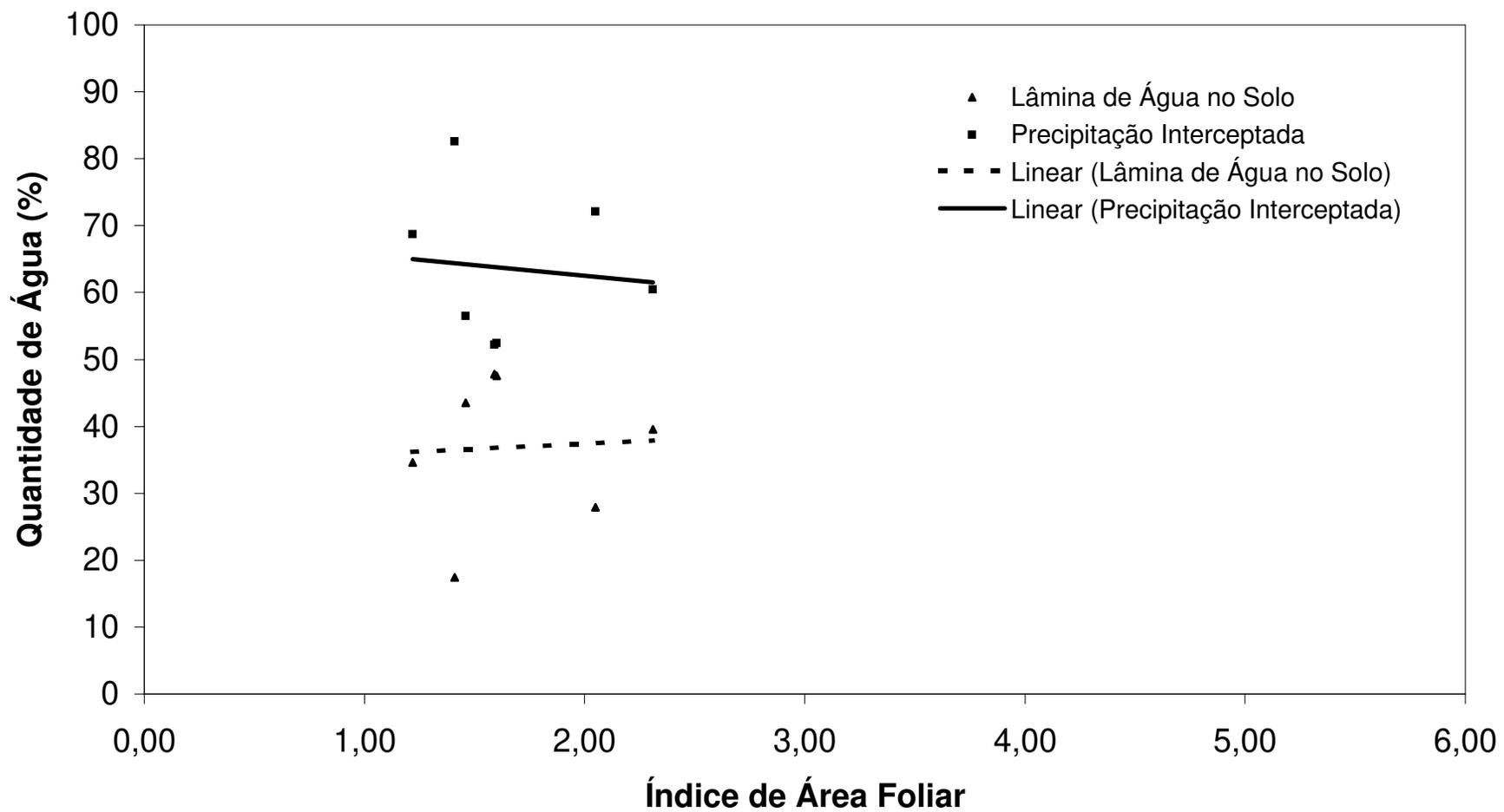
**Figura E20 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E DA PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA EM RELAÇÃO À EVOLUÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR AO LONGO DO TEMPO - CALHA 20**



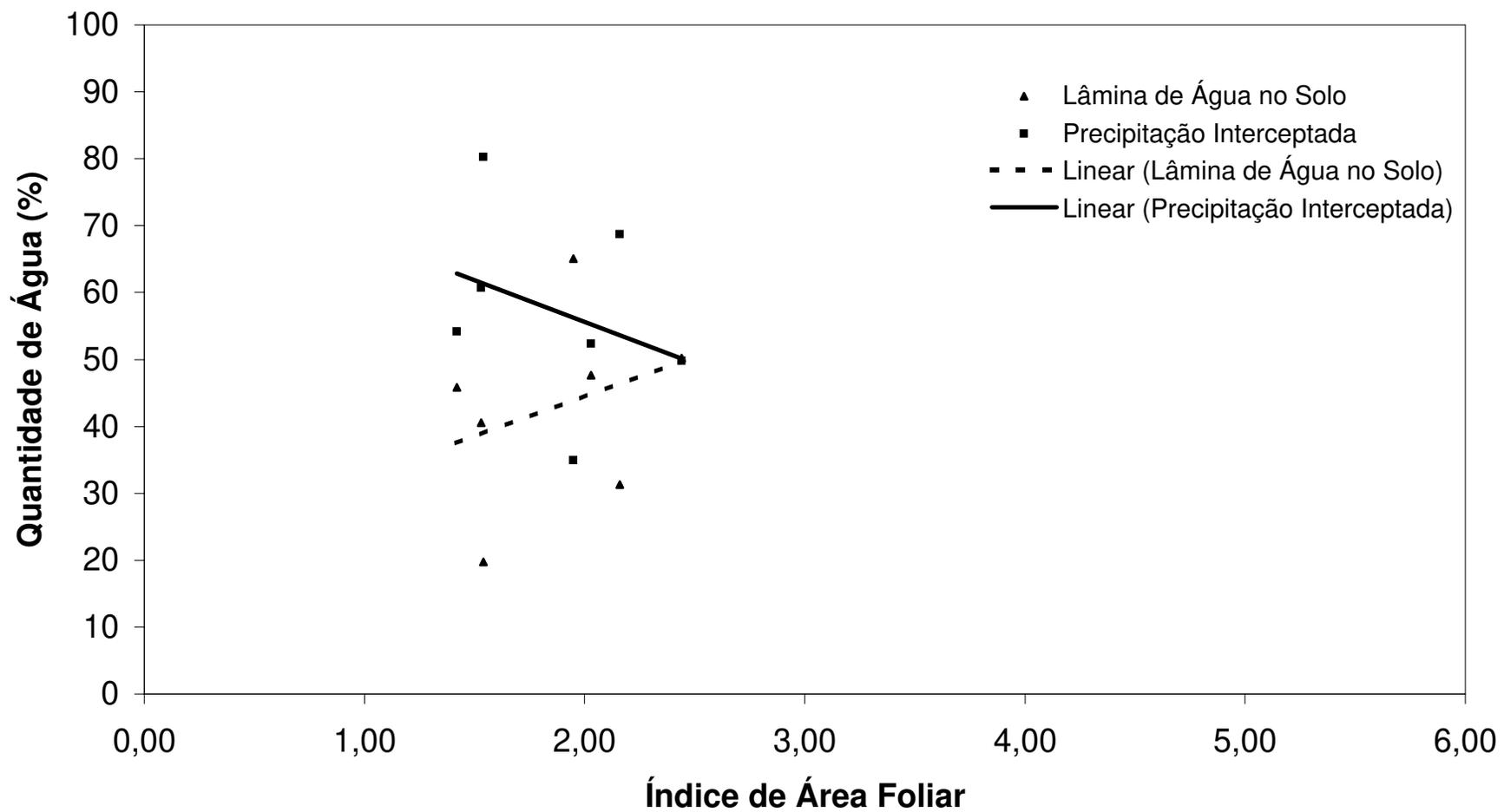
**Figura E21 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E DA PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA EM RELAÇÃO À EVOLUÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR AO LONGO DO TEMPO - CALHA 21**



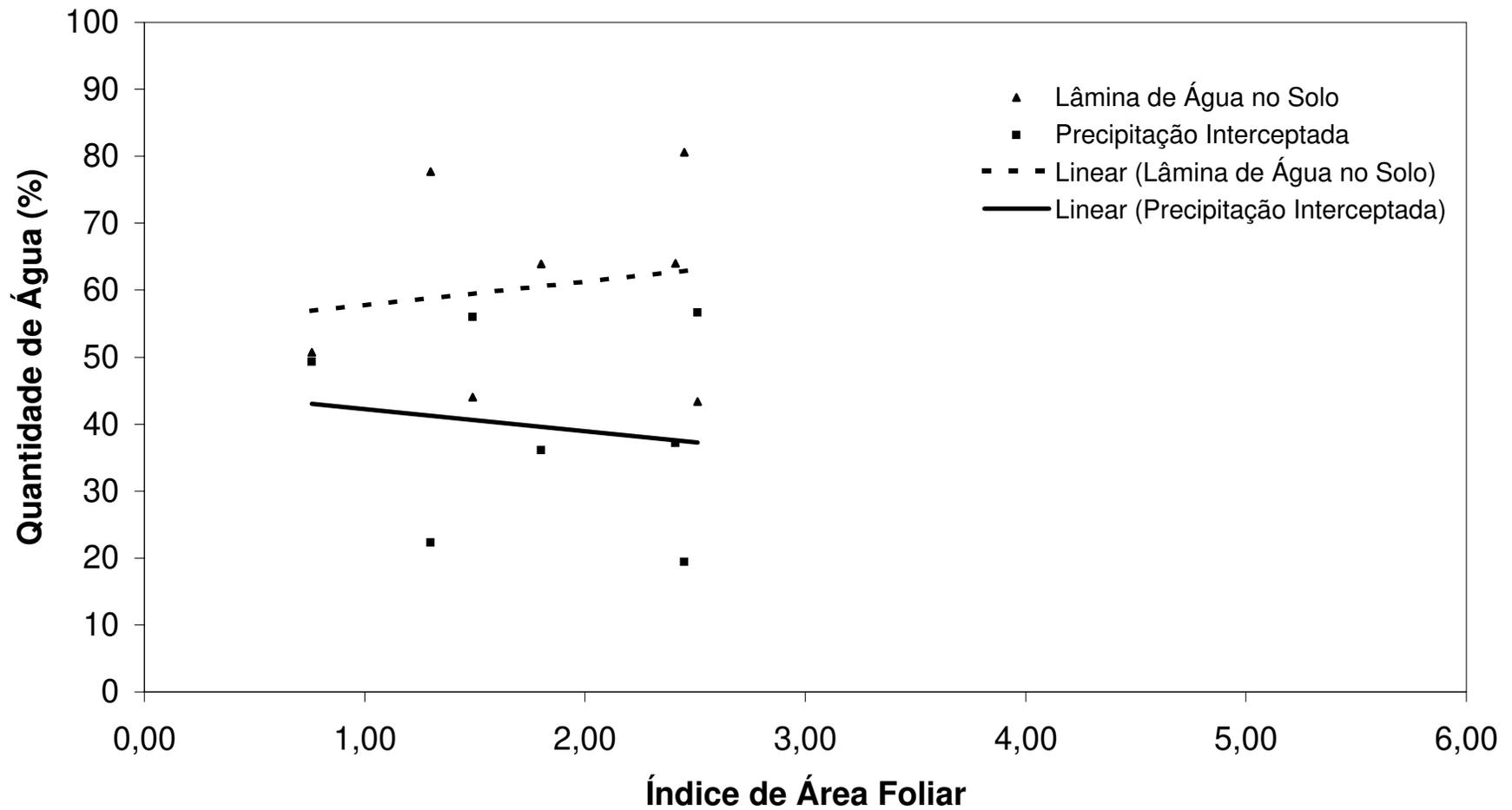
**Figura E22 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E DA PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA EM RELAÇÃO À EVOLUÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR AO LONGO DO TEMPO - CALHA 22**



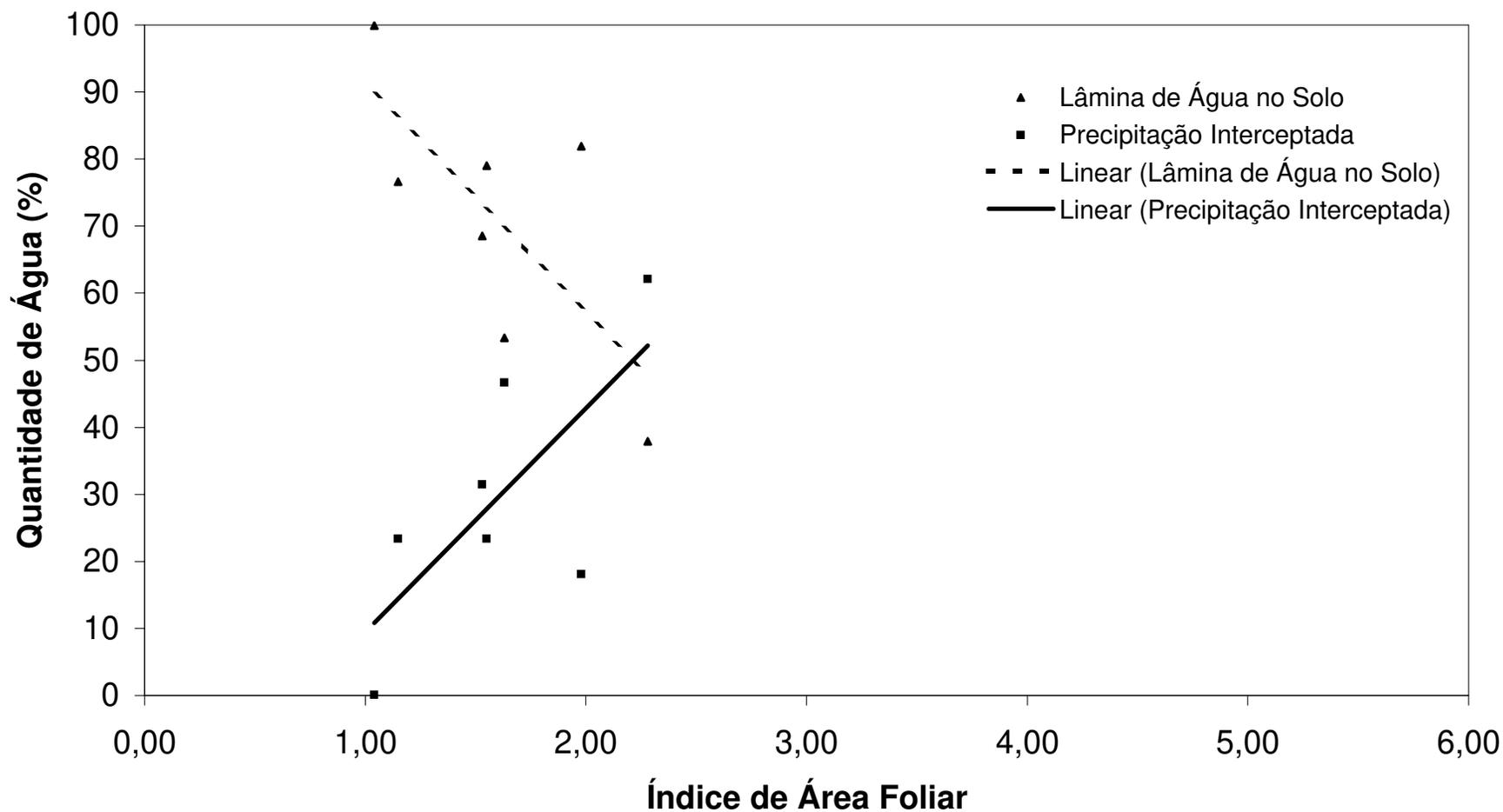
**Figura E23 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E DA PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA EM RELAÇÃO À EVOLUÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR AO LONGO DO TEMPO - CALHA 23**



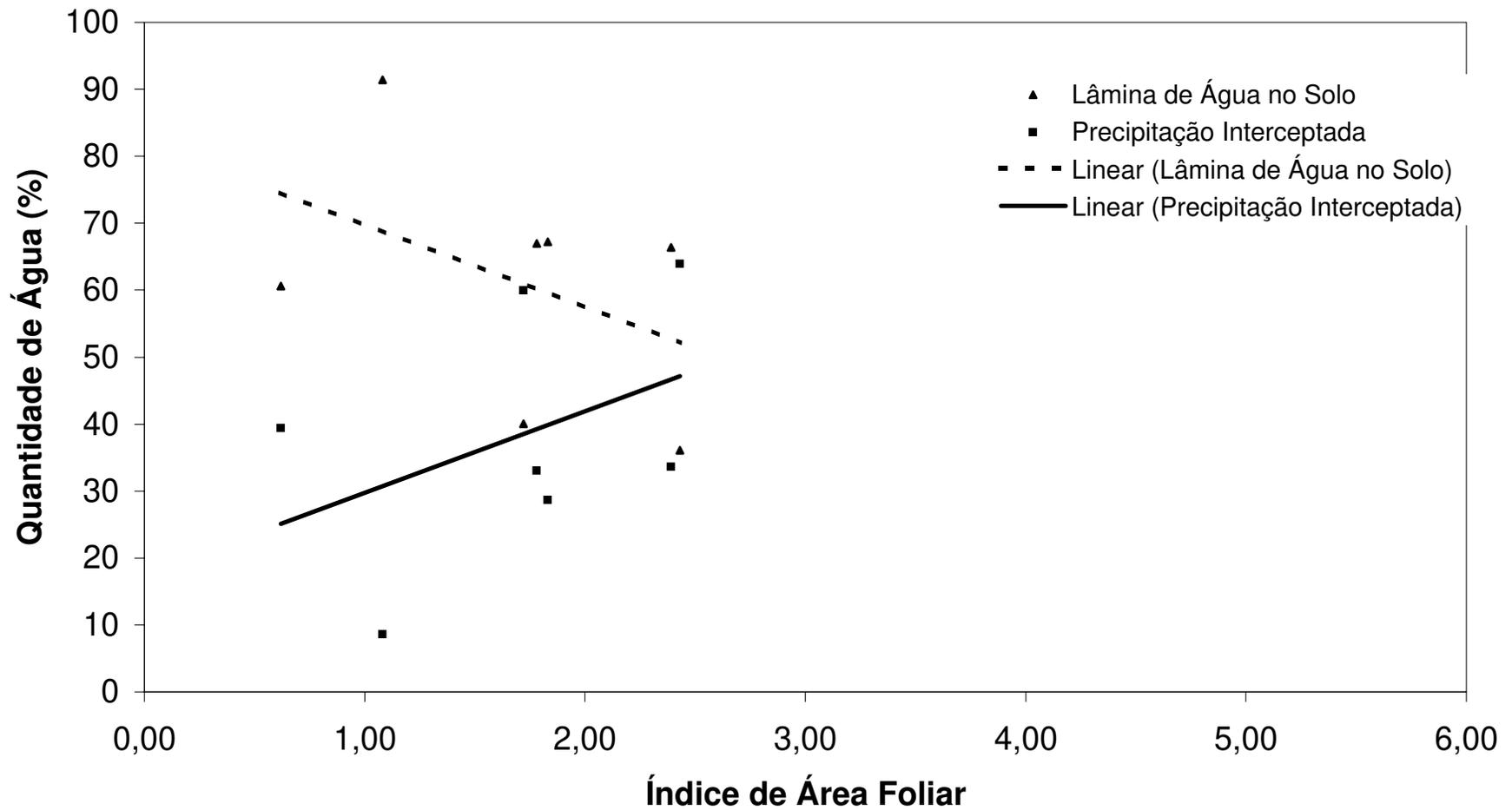
**Figura E24 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E DA PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA EM RELAÇÃO À EVOLUÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR AO LONGO DO TEMPO - CALHA 24**



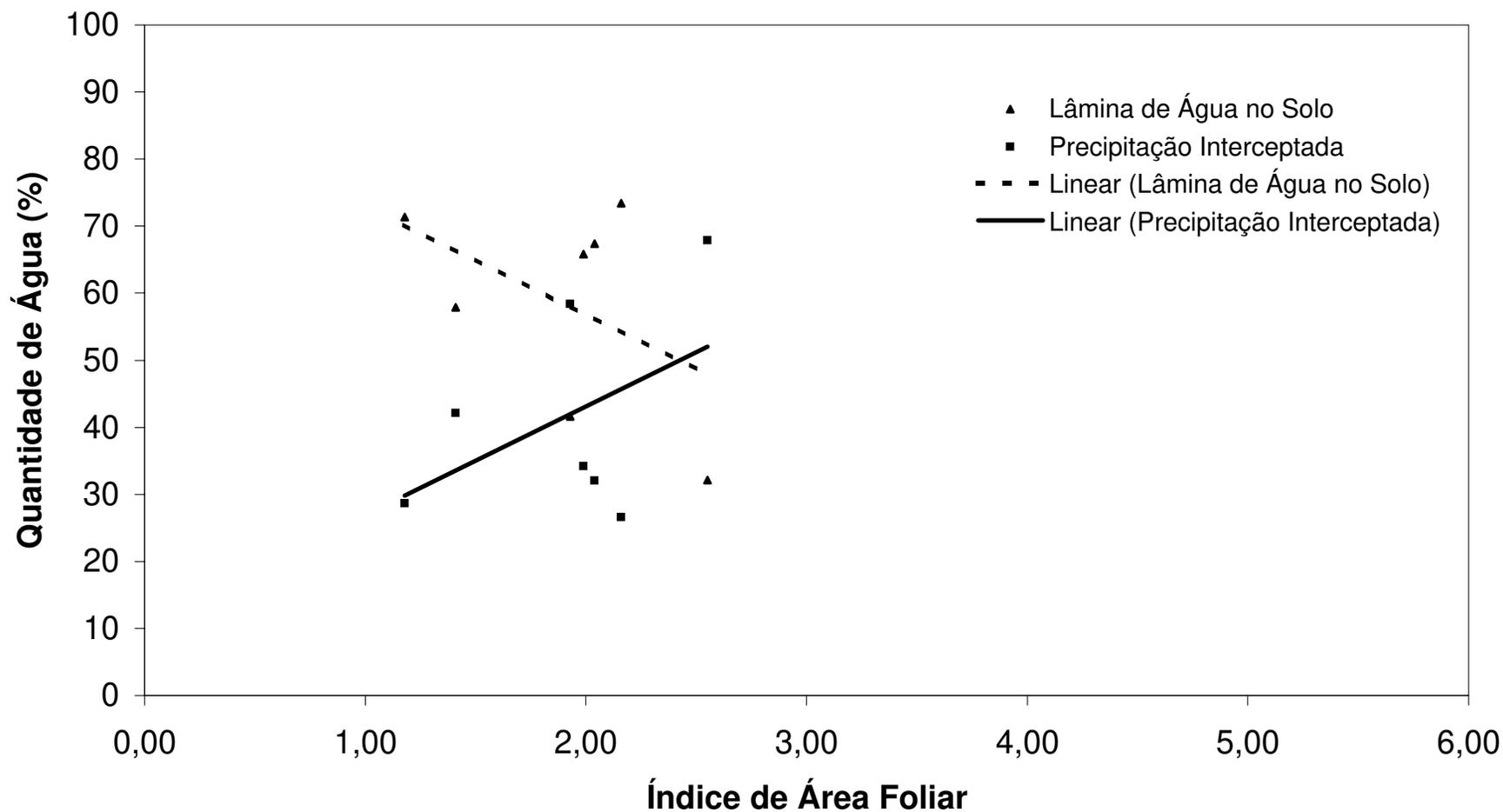
**Figura E25 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E DA PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA EM RELAÇÃO À EVOLUÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR AO LONGO DO TEMPO - CALHA 25**



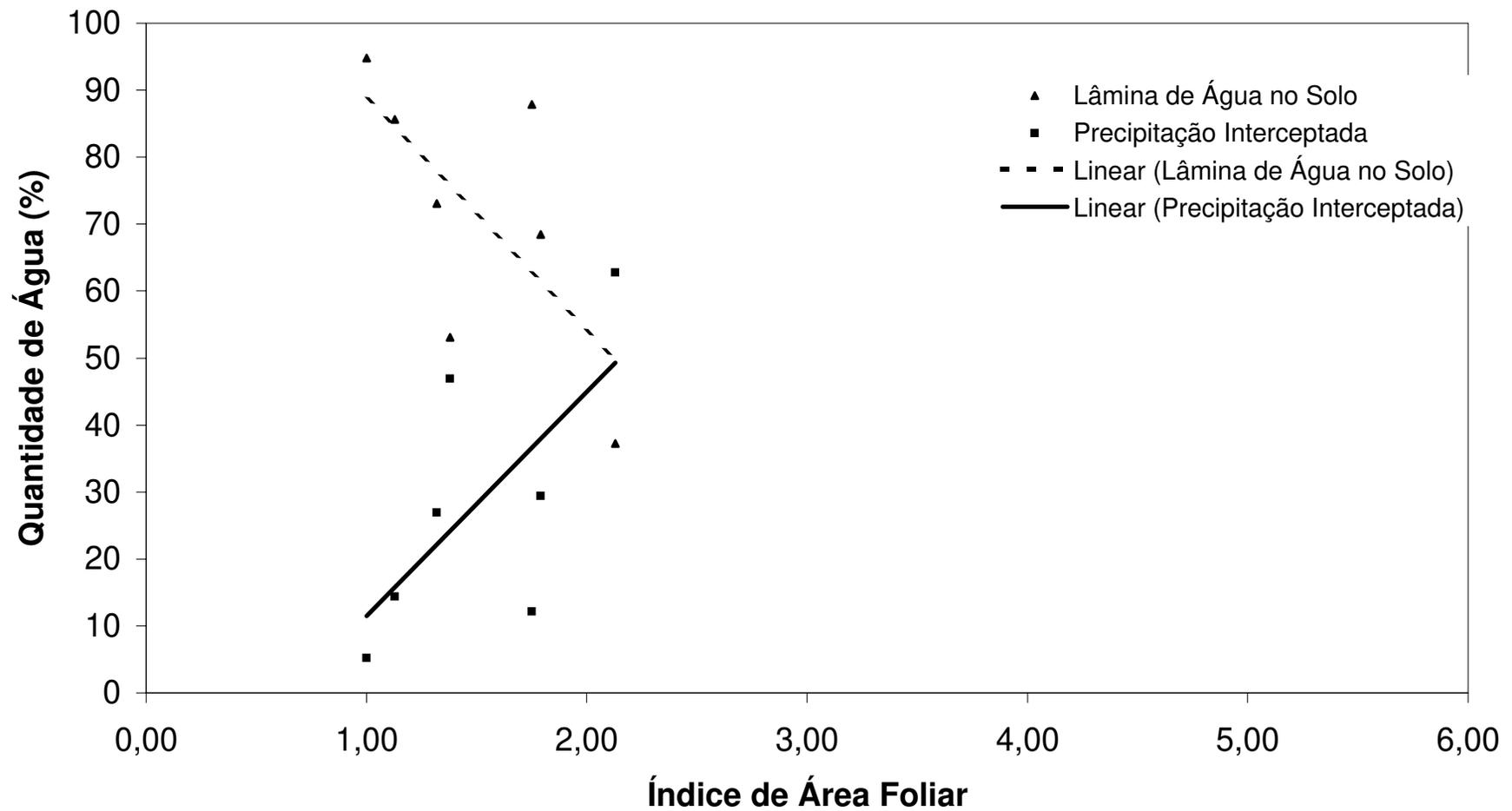
**Figura E26 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E DA PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA EM RELAÇÃO À EVOLUÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR AO LONGO DO TEMPO - CALHA 26**



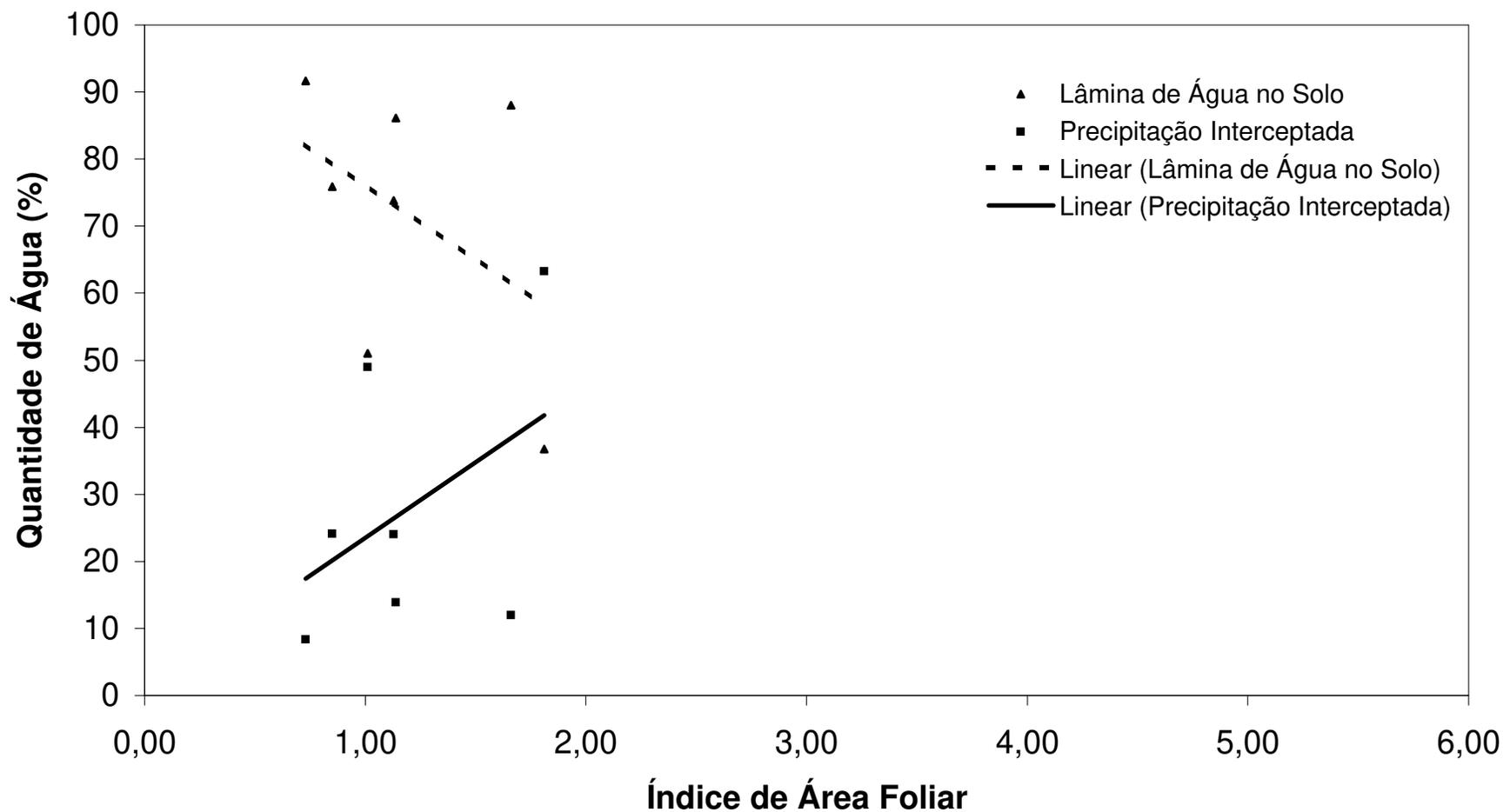
**Figura E27 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E DA PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA EM RELAÇÃO À EVOLUÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR AO LONGO DO TEMPO - CALHA 27**



**Figura E28 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E DA PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA EM RELAÇÃO À EVOLUÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR AO LONGO DO TEMPO - CALHA 28**

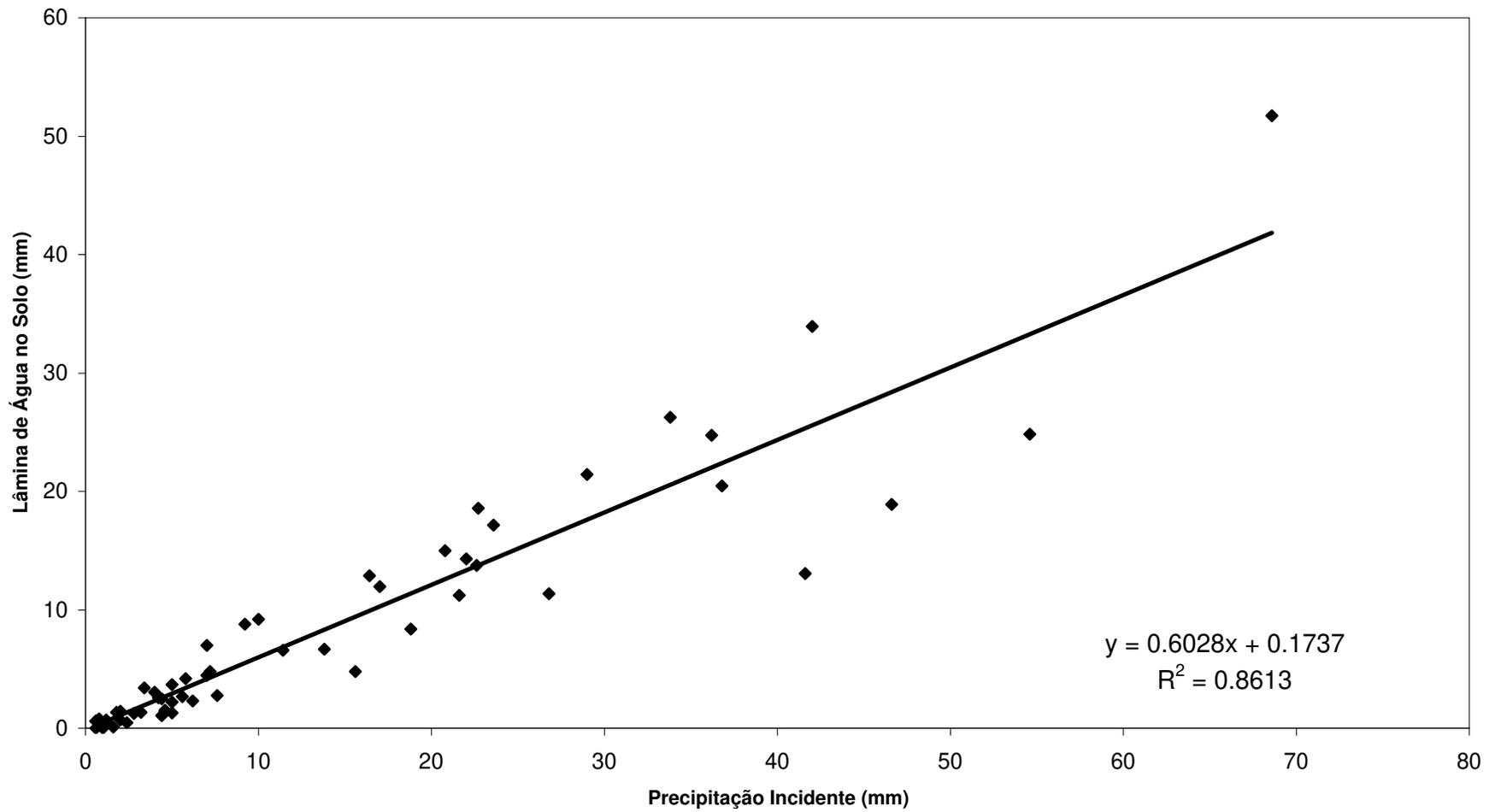


**Figura E29 - VARIAÇÃO PERCENTUAL DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO E DA PRECIPITAÇÃO INTERCEPTADA EM RELAÇÃO À EVOLUÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR AO LONGO DO TEMPO - CALHA 29**

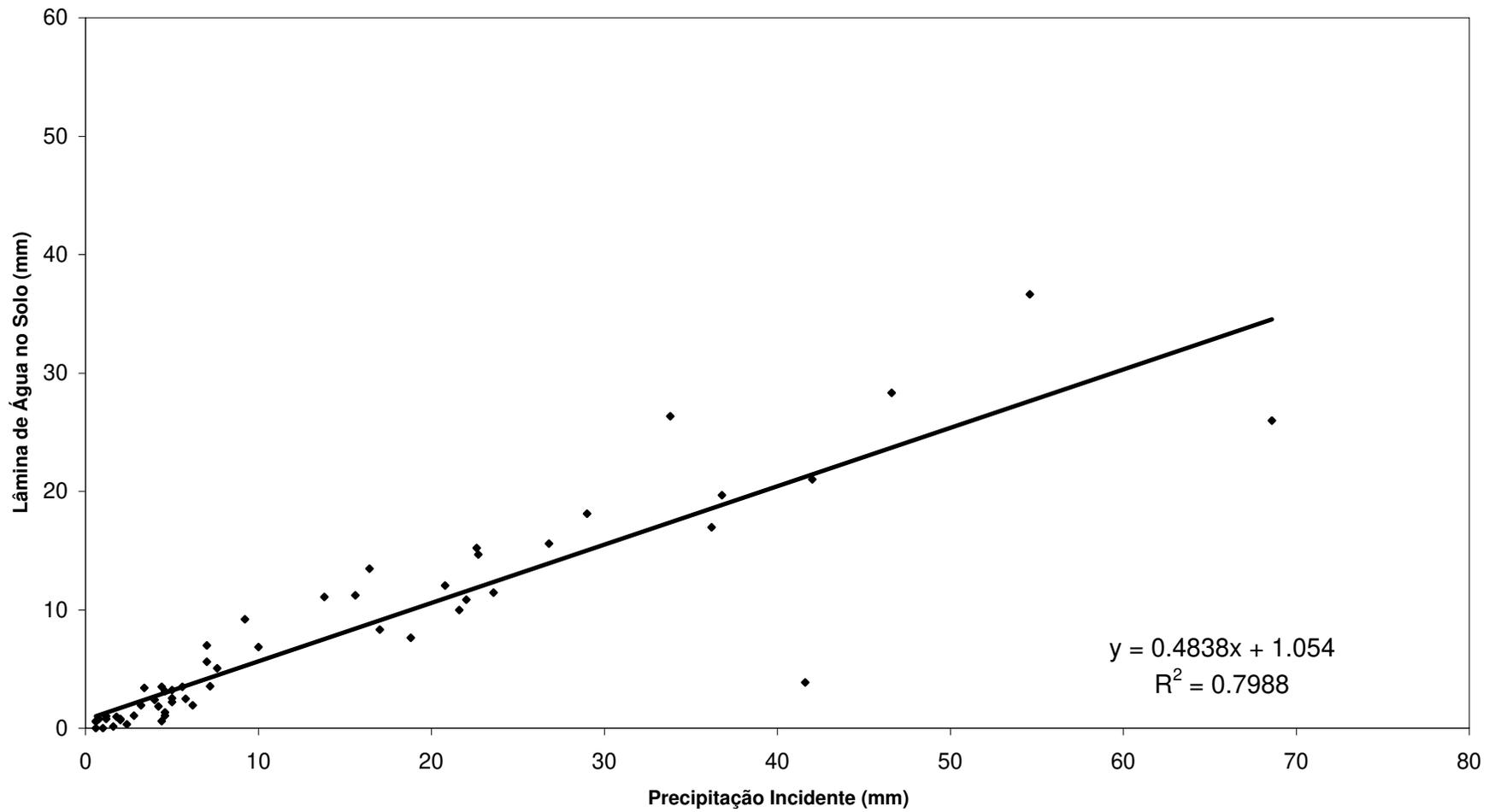


**9.6. APÊNDICE F**  
**Figuras F1 a F29 – VARIAÇÃO DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO**  
**CONFORME A PRECIPITAÇÃO INCIDENTE**

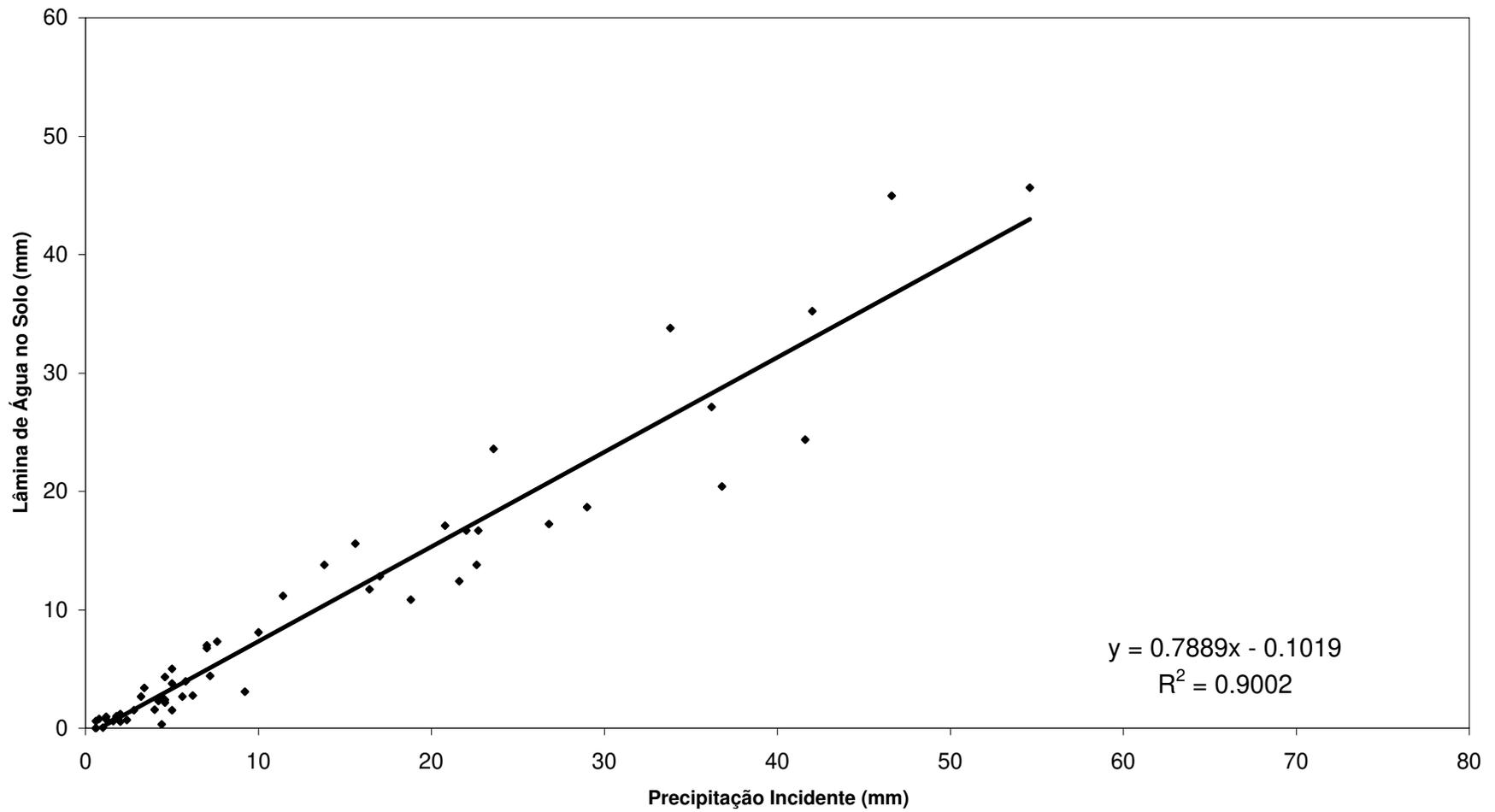
**Figura F1 - VARIAÇÃO DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO CONFORME A  
PRECIPITAÇÃO INCIDENTE  
Calha 1**



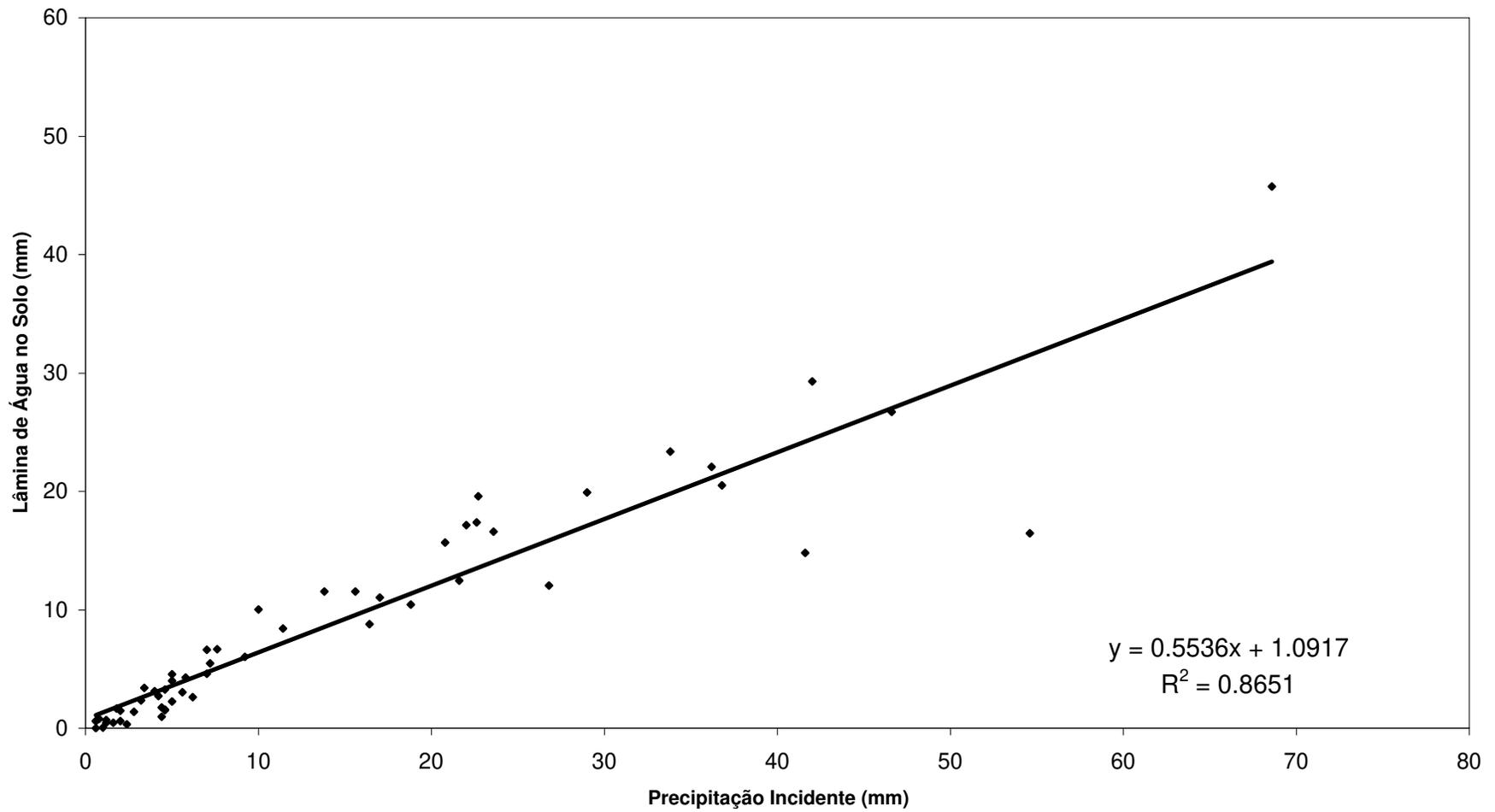
**Figura F2 - VARIAÇÃO DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO CONFORME A  
PRECIPITAÇÃO INCIDENTE  
Calha 2**



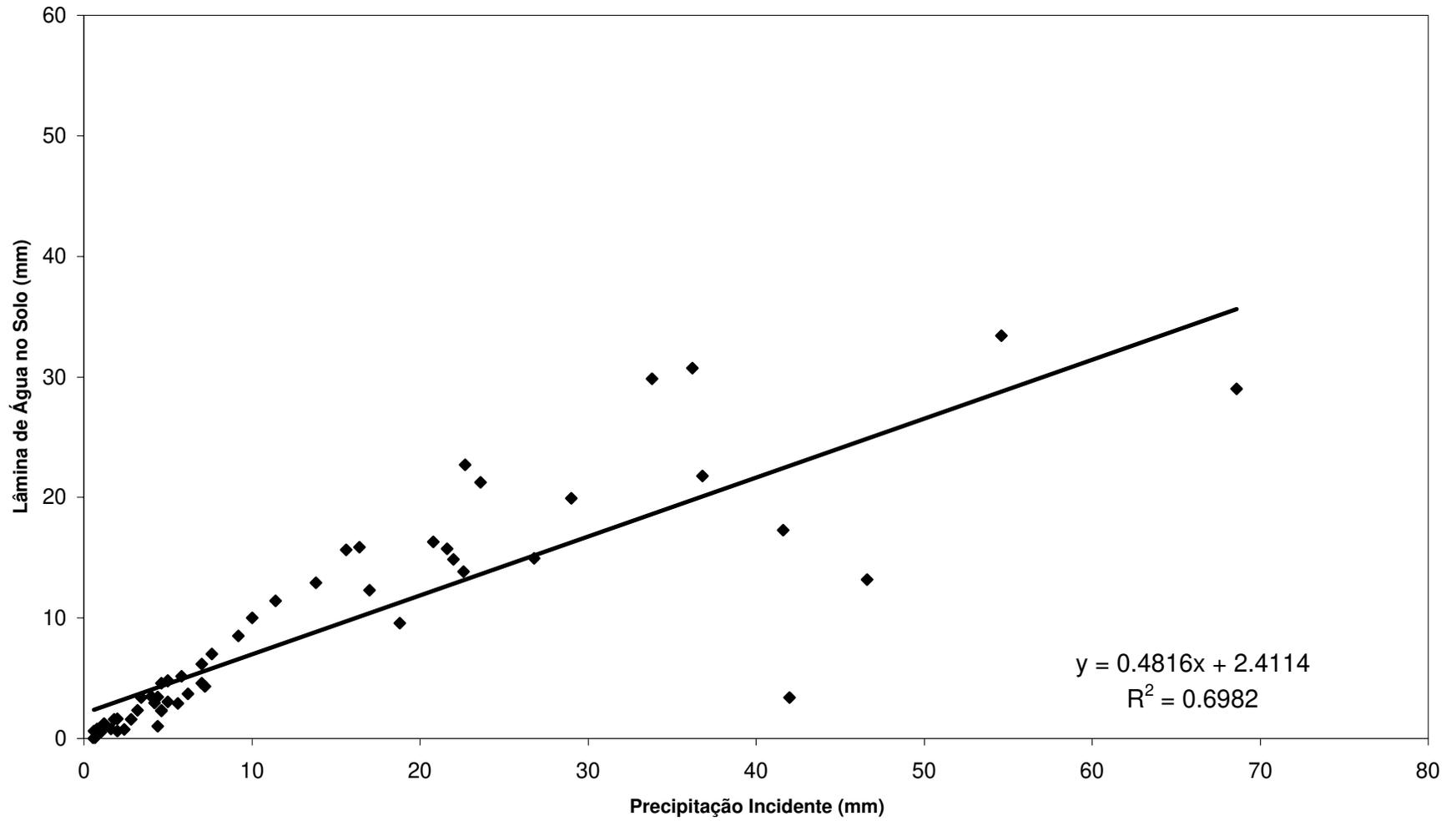
**Figura F3 - VARIAÇÃO DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO CONFORME A  
PRECIPITAÇÃO INCIDENTE  
Calha 3**



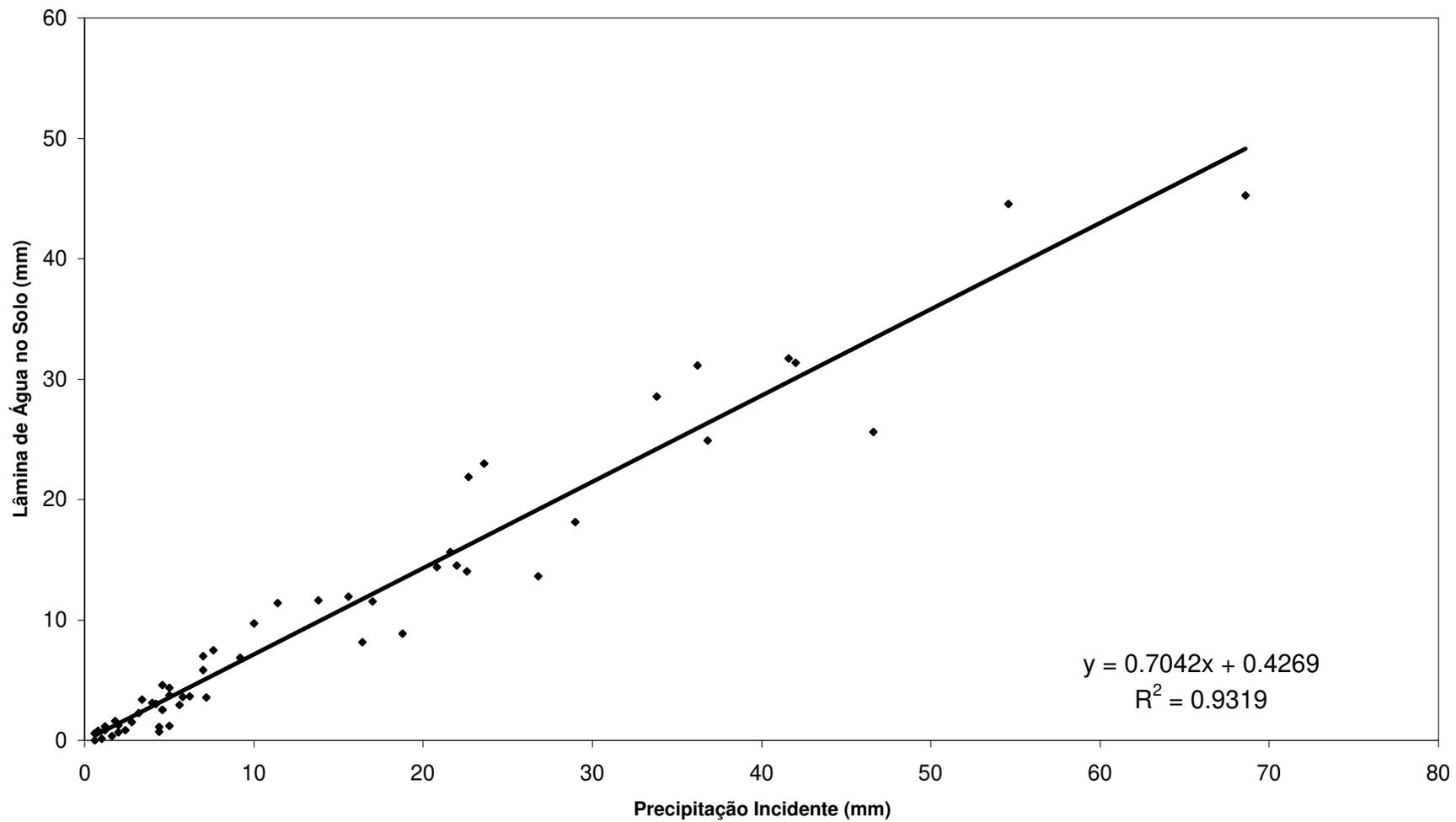
**Figura F4 - VARIAÇÃO DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO CONFORME A  
PRECIPITAÇÃO INCIDENTE  
Calha 4**



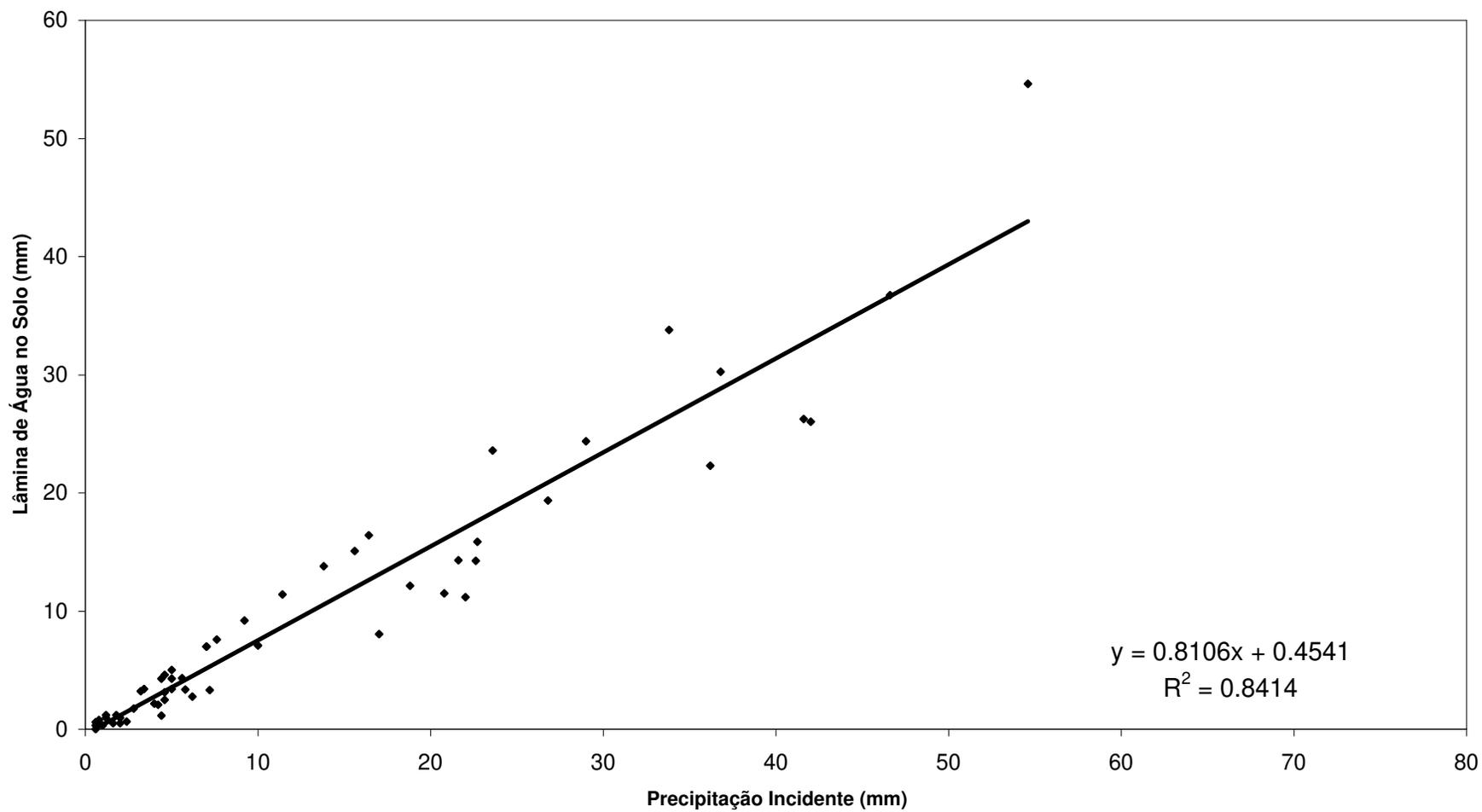
**Figura F5 - VARIAÇÃO DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO CONFORME A  
PRECIPITAÇÃO INCIDENTE  
Calha 5**



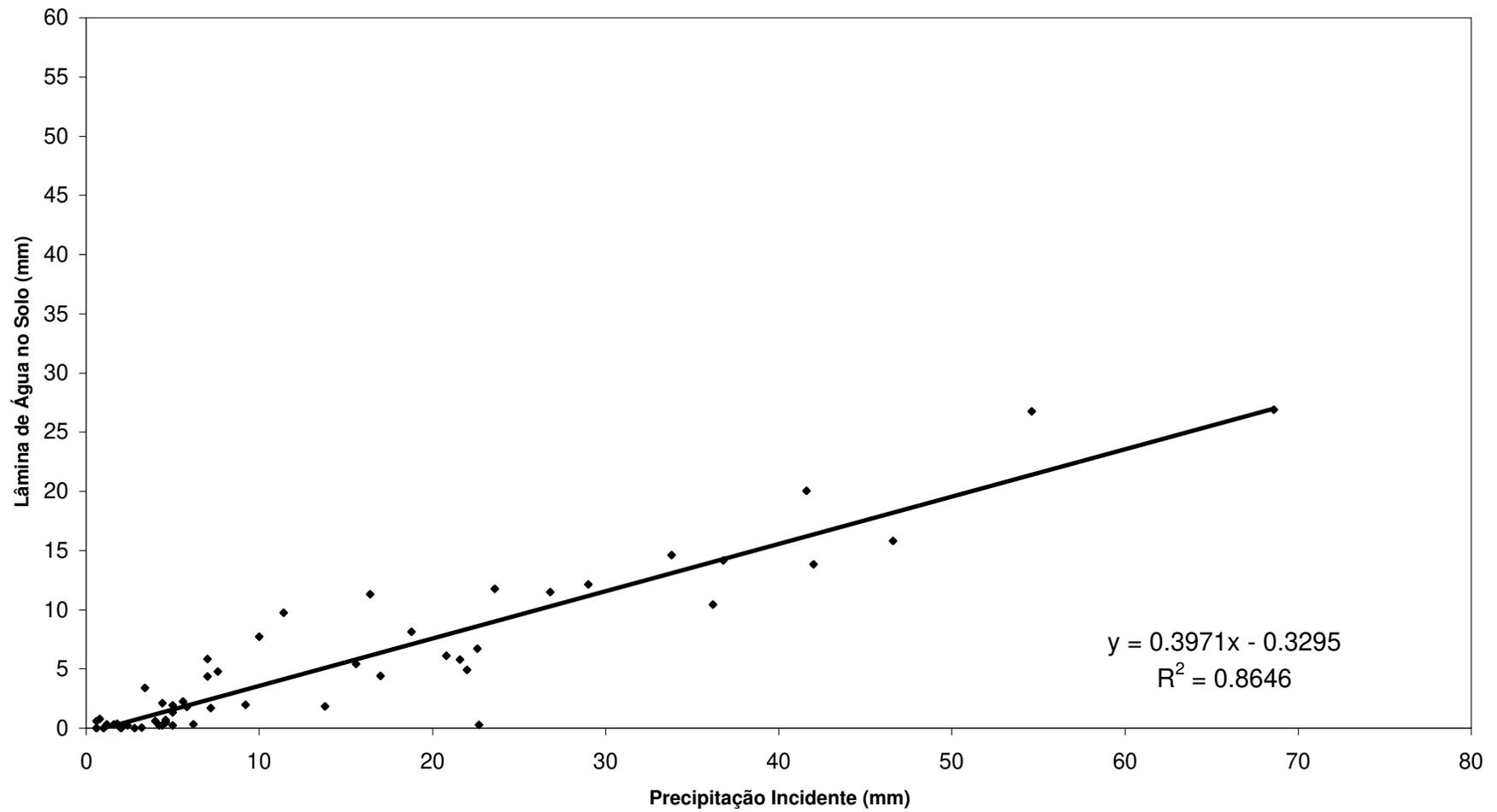
**Figura F6 - VARIAÇÃO DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO CONFORME A  
PRECIPITAÇÃO INCIDENTE  
Calha 6**



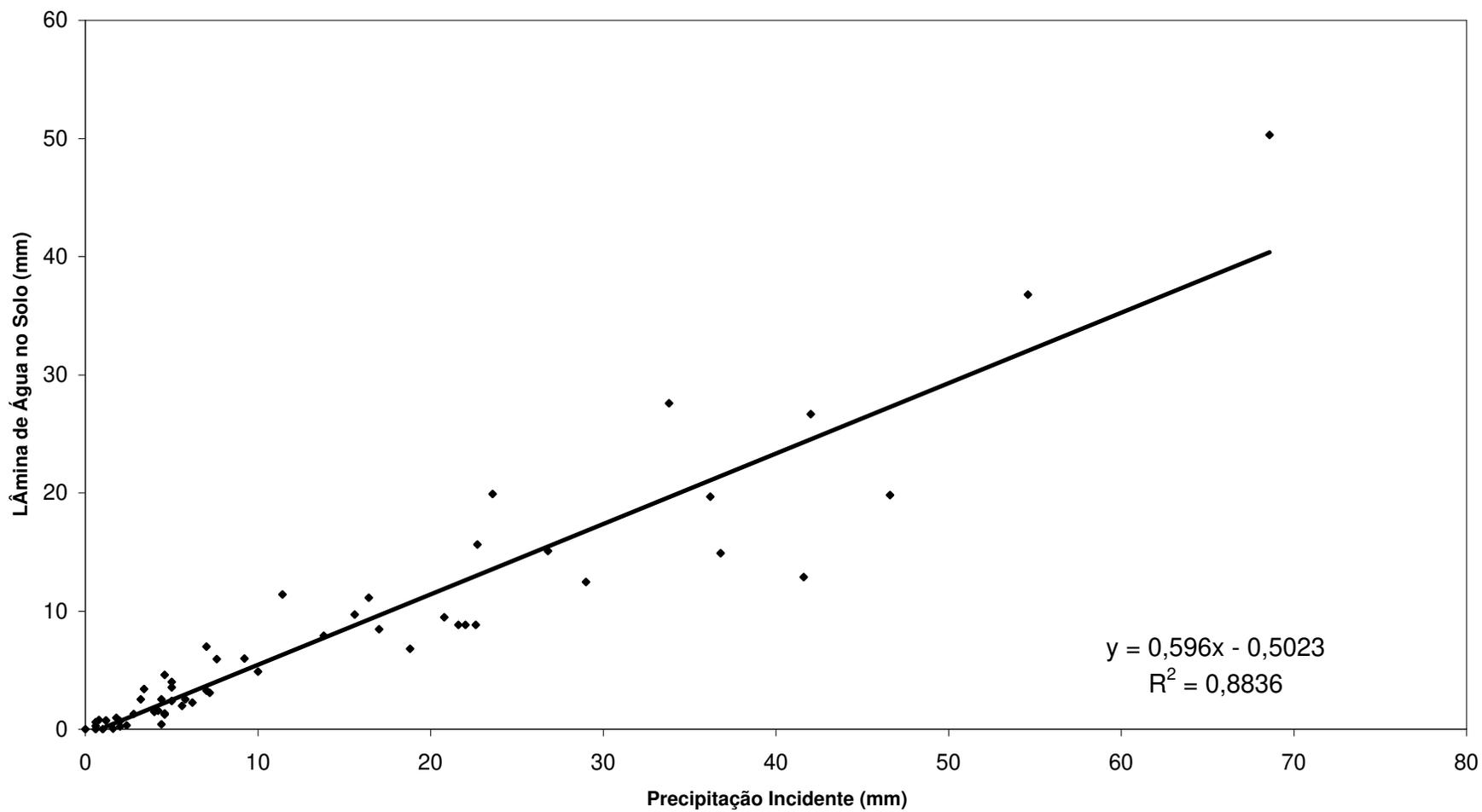
**Figura F7 - VARIAÇÃO DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO CONFORME A  
PRECIPITAÇÃO INCIDENTE  
Calha 7**



**Figura F8 - VARIAÇÃO DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO CONFORME A  
PRECIPITAÇÃO INCIDENTE  
Calha 8**



**Figura F9 - VARIAÇÃO DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO CONFORME A  
PRECIPITAÇÃO INCIDENTE  
Calha 9**



**Figura F10 - VARIAÇÃO DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO CONFORME A  
PRECIPITAÇÃO INCIDENTE  
Calha 10**

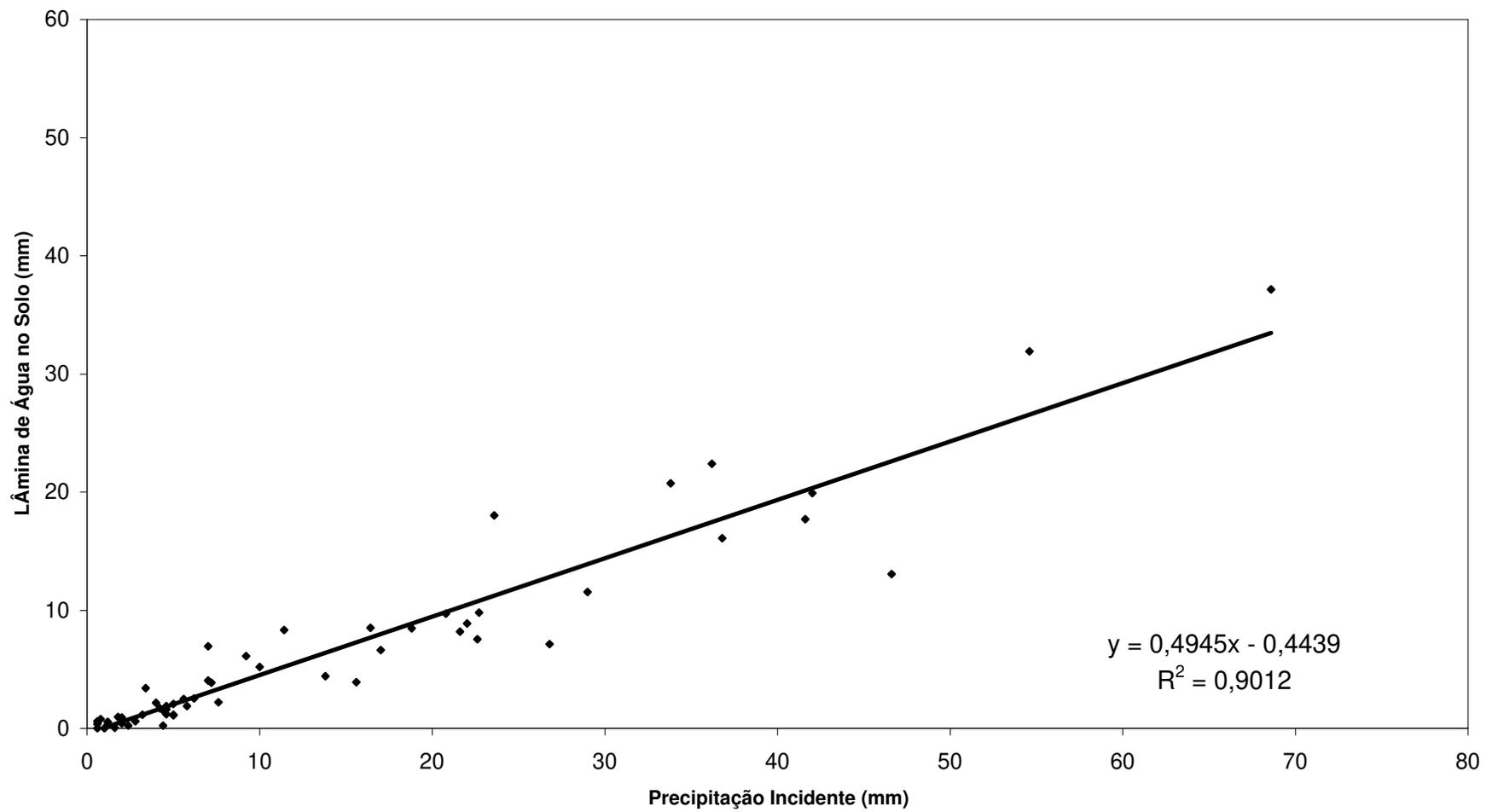
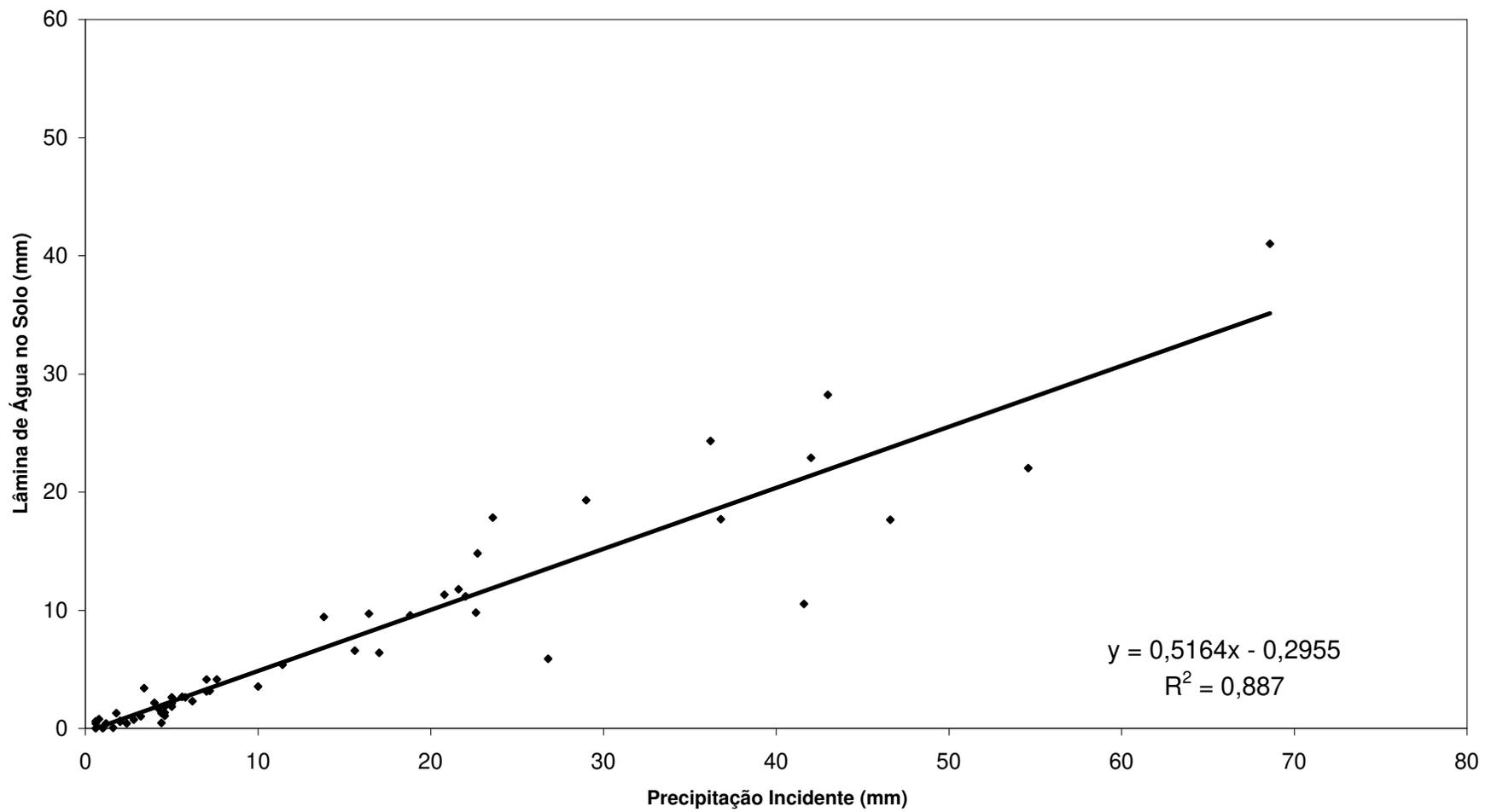
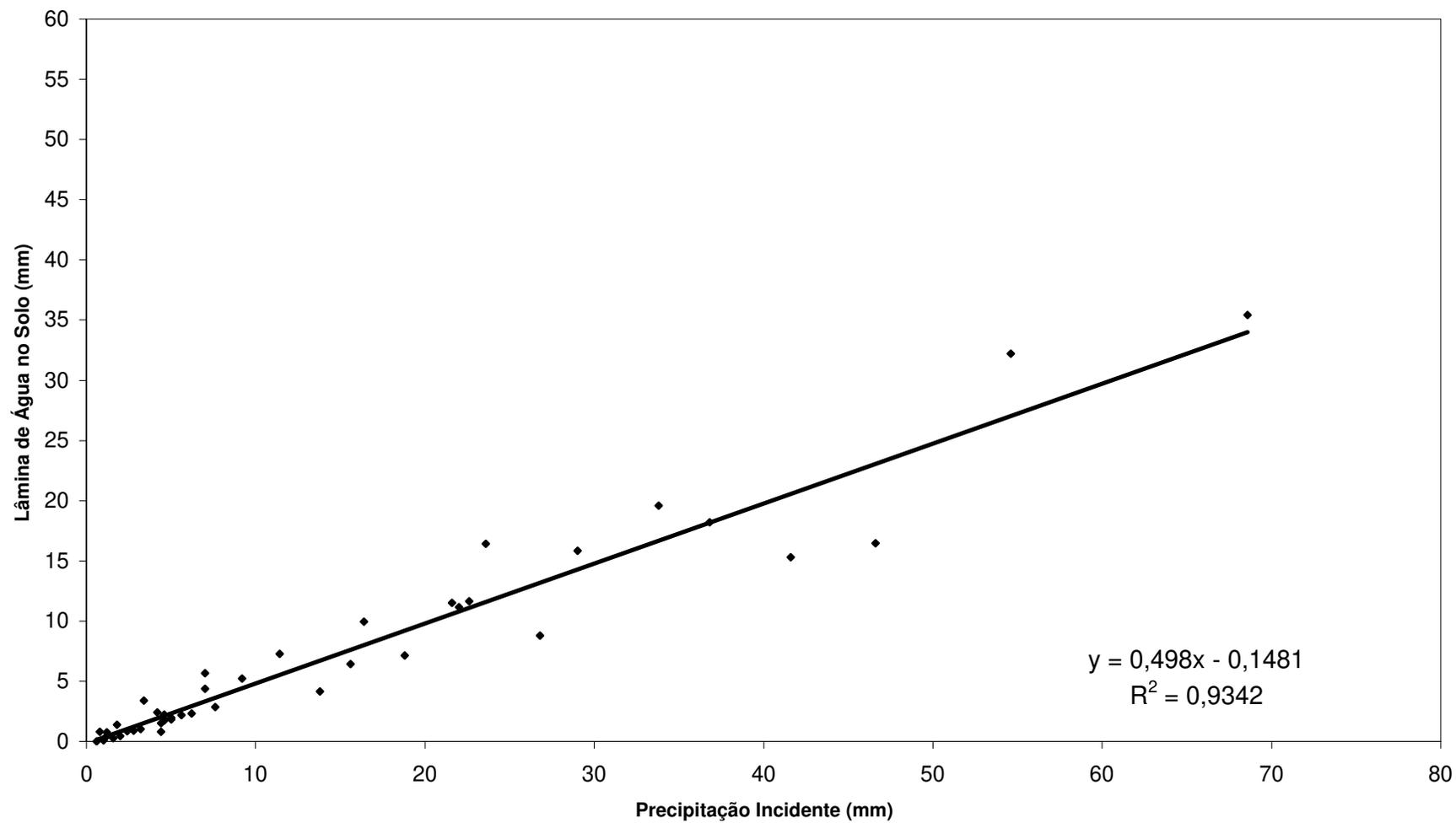


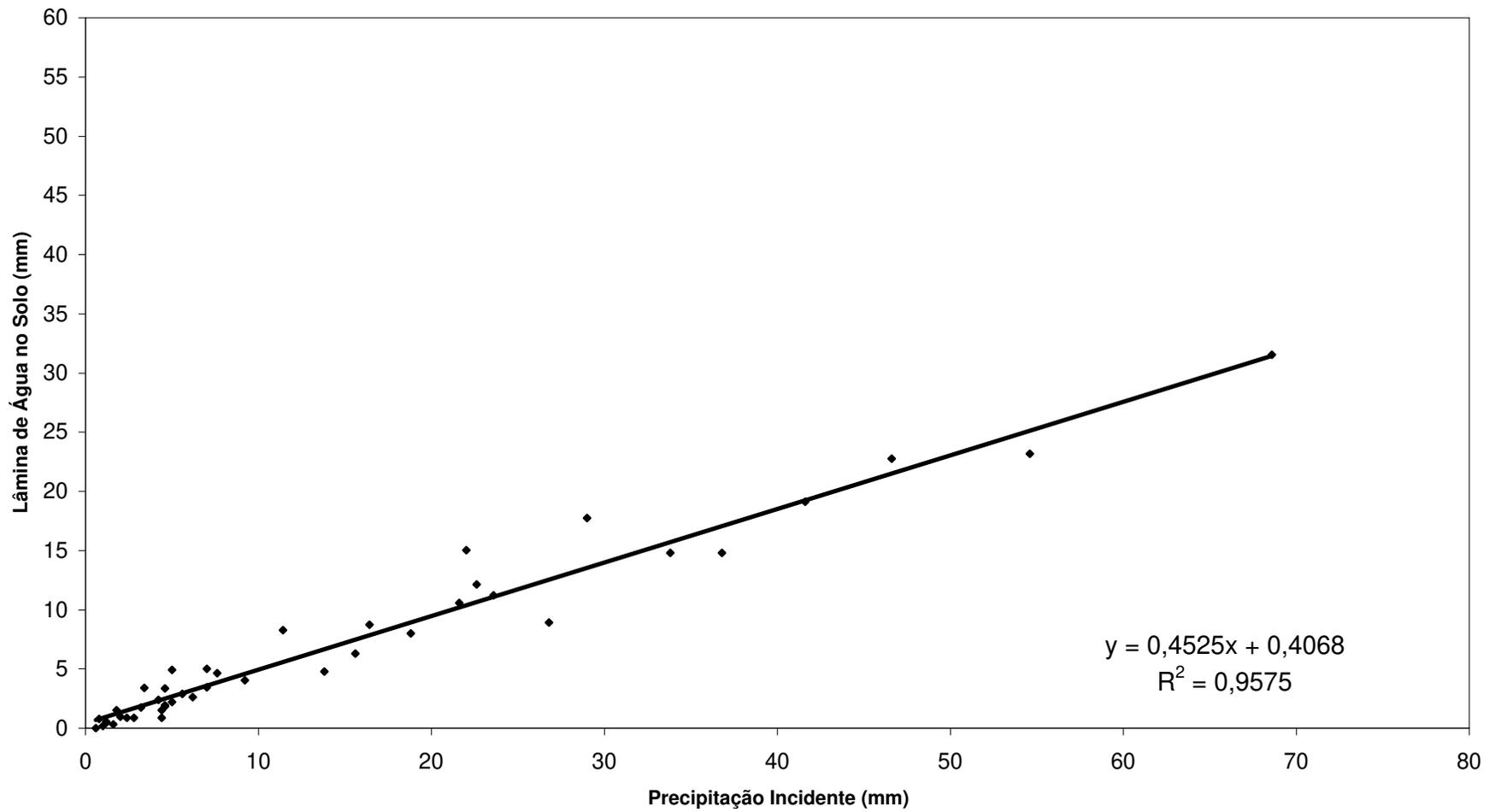
Figura F11 - VARIAÇÃO DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO CONFORME A  
PRECIPITAÇÃO INCIDENTE  
Calha 11



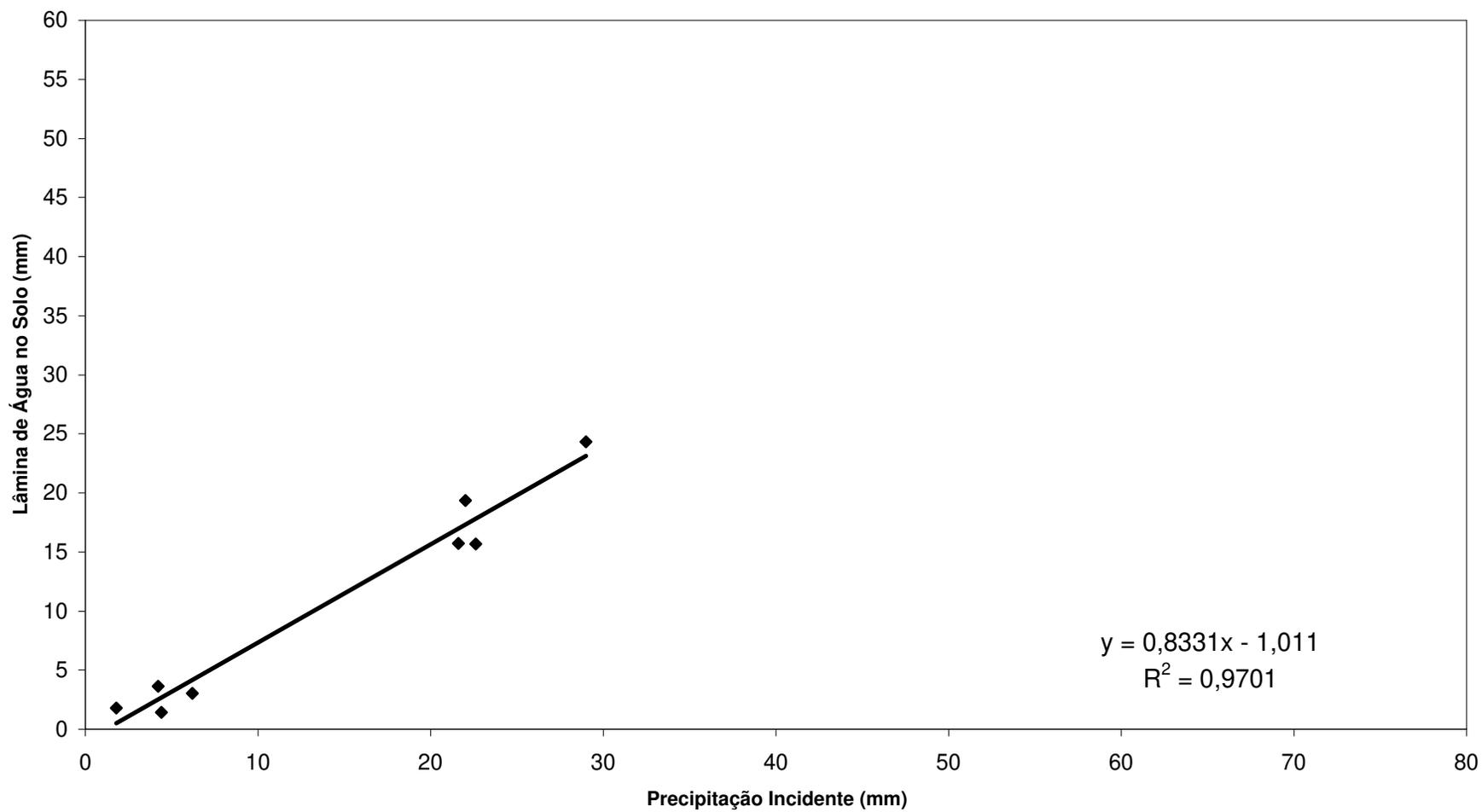
**Figura F12 - VARIAÇÃO DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO CONFORME A  
PRECIPITAÇÃO INCIDENTE  
Calha 12**



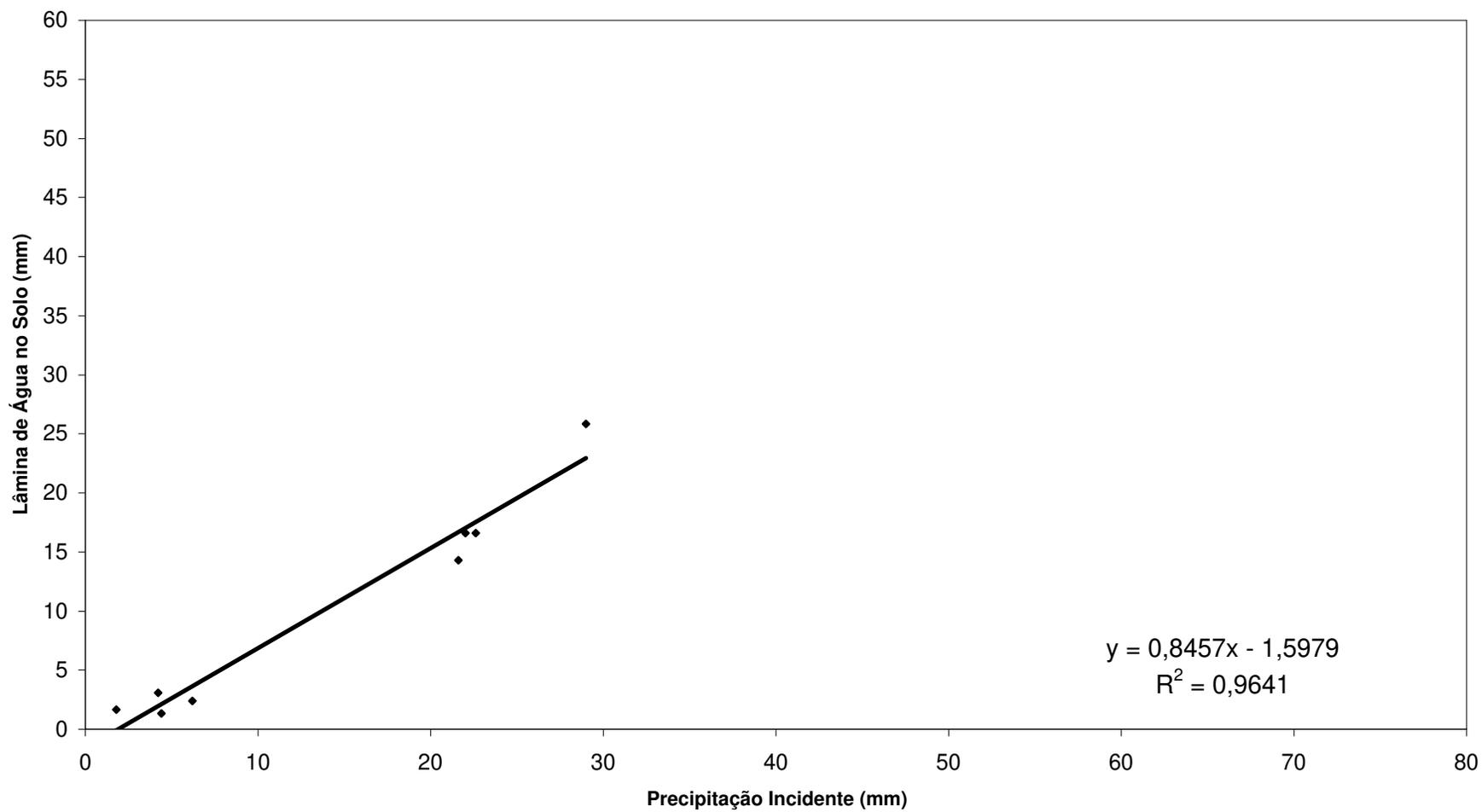
**Figura F13- VARIAÇÃO DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO CONFORME A  
PRECIPITAÇÃO INCIDENTE  
Calha 13**



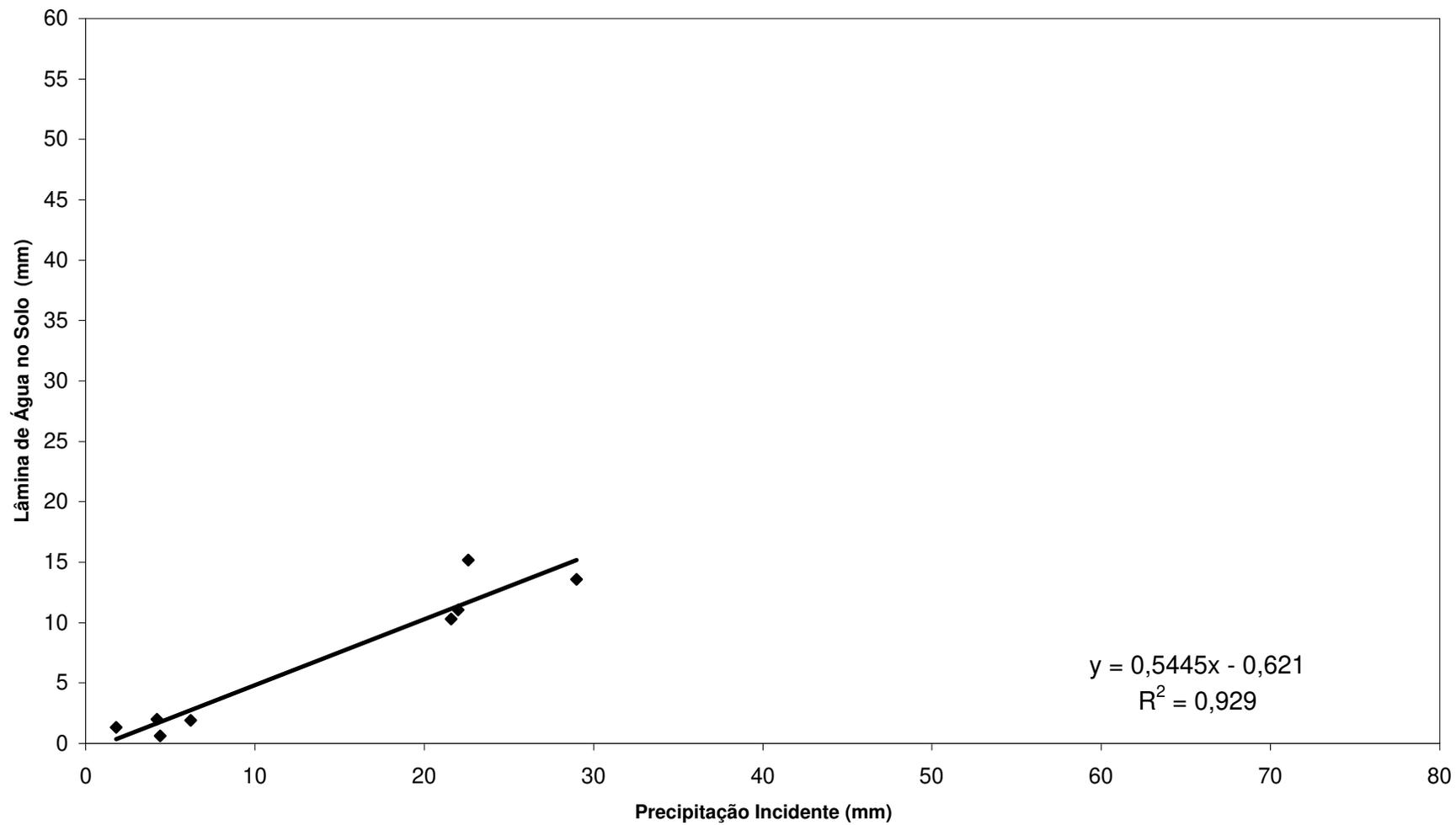
**Figura F14 - VARIAÇÃO DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO CONFORME A  
PRECIPITAÇÃO INCIDENTE  
Calha 14**



**Figura F15 - VARIAÇÃO DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO CONFORME A  
PRECIPITAÇÃO INCIDENTE  
Calha 15**



**Figura F16 - VARIAÇÃO DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO CONFORME A  
PRECIPITAÇÃO INCIDENTE  
Calha16**



**Figura F17 - VARIAÇÃO DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO CONFORME A  
PRECIPITAÇÃO INCIDENTE  
Calha 17**

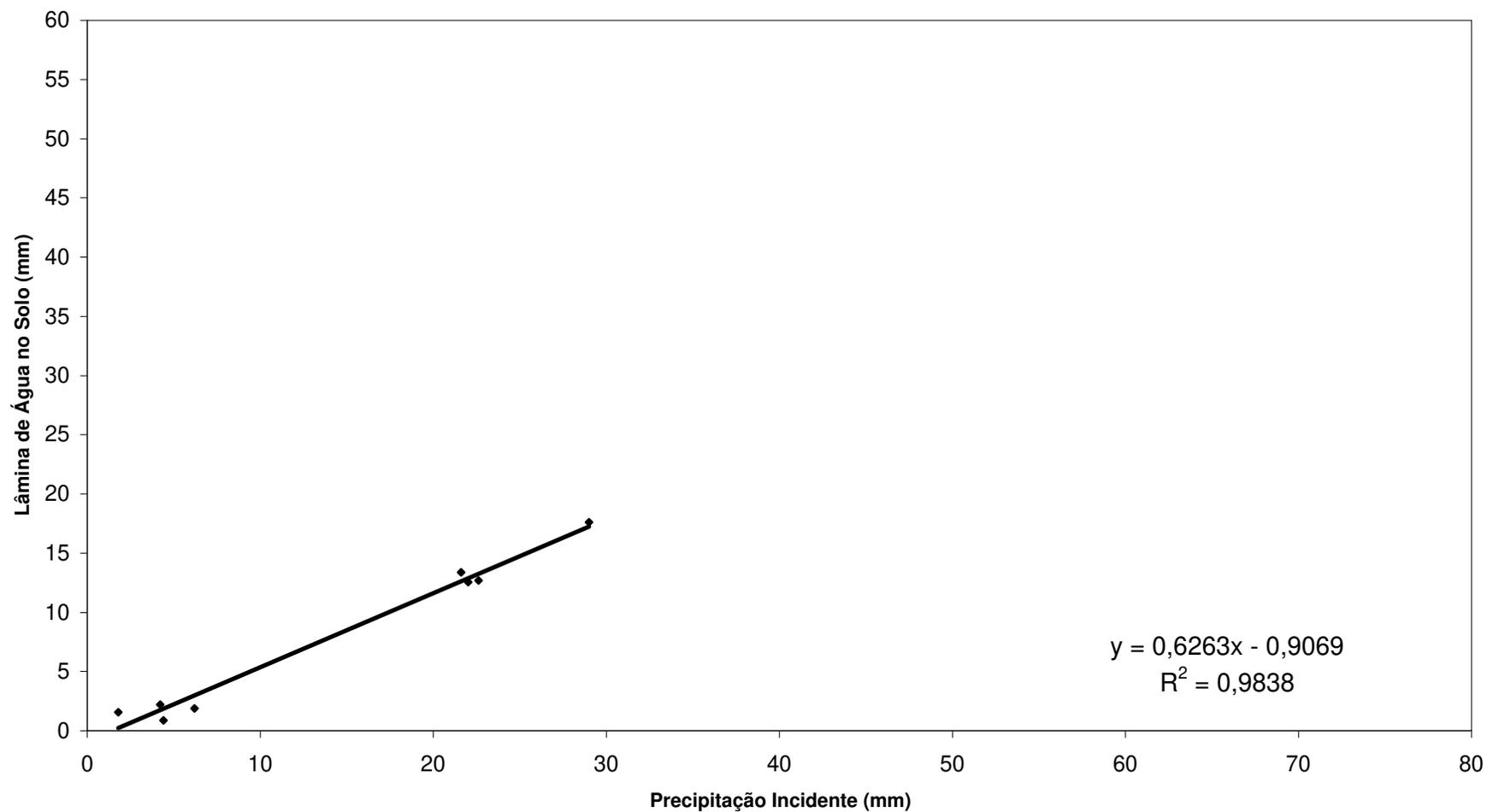
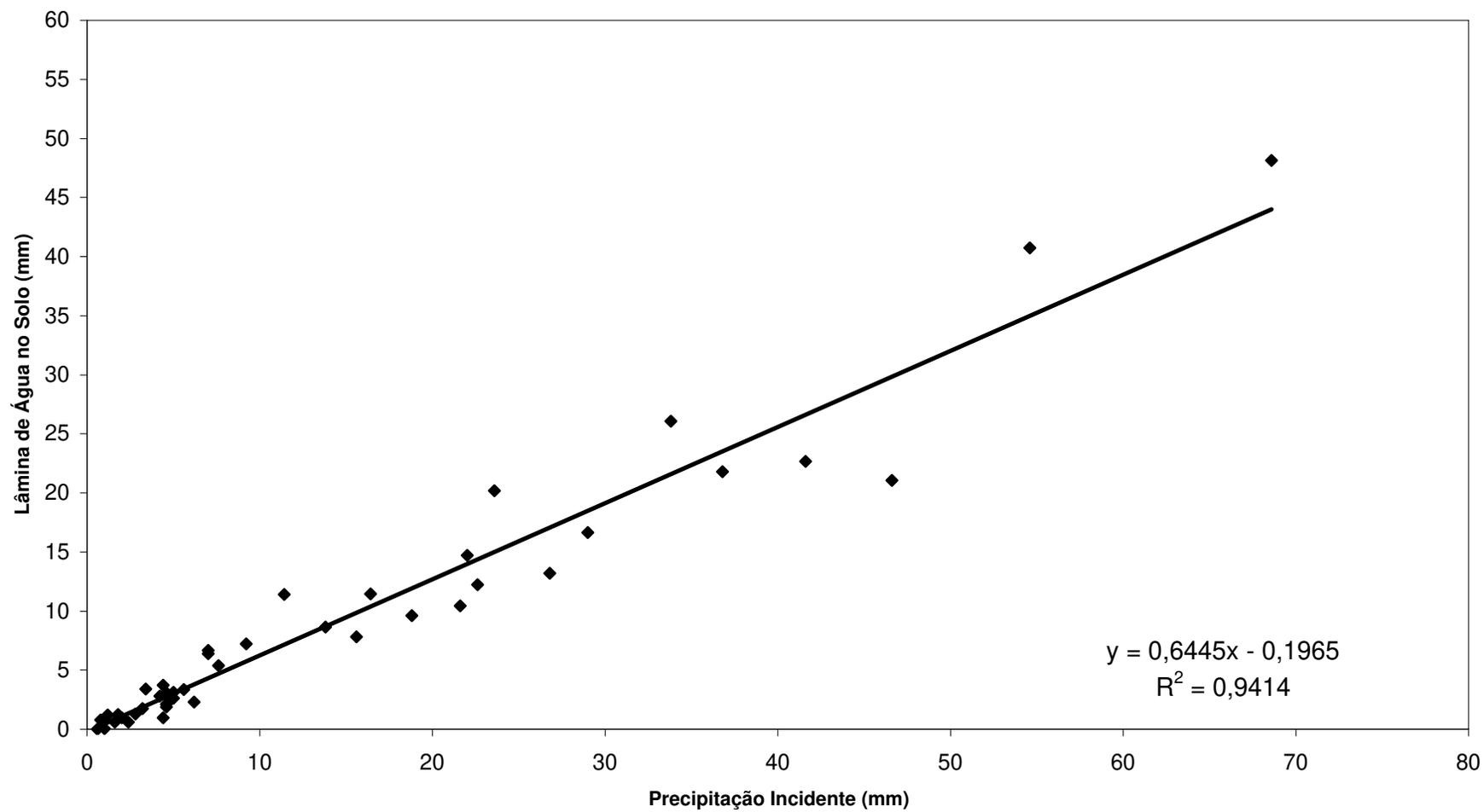


Figura F18 - VARIAÇÃO DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO CONFORME A  
PRECIPITAÇÃO INCIDENTE  
Calha 18



**Figura F19 - VARIAÇÃO DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO CONFORME A  
PRECIPITAÇÃO INCIDENTE  
Calha 19**

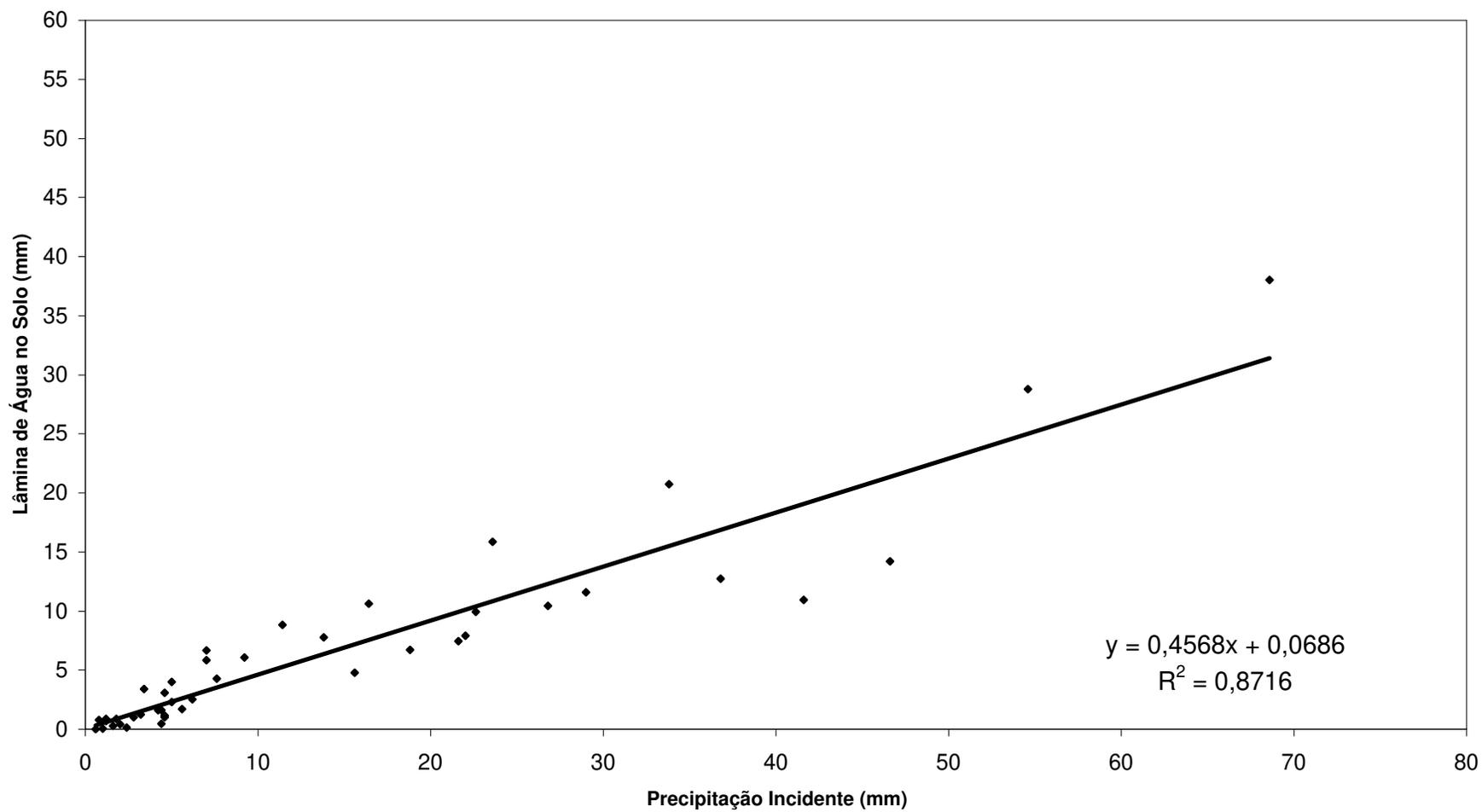


Figura F20 - VARIAÇÃO DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO CONFORME A  
PRECIPITAÇÃO INCIDENTE  
Calha 20

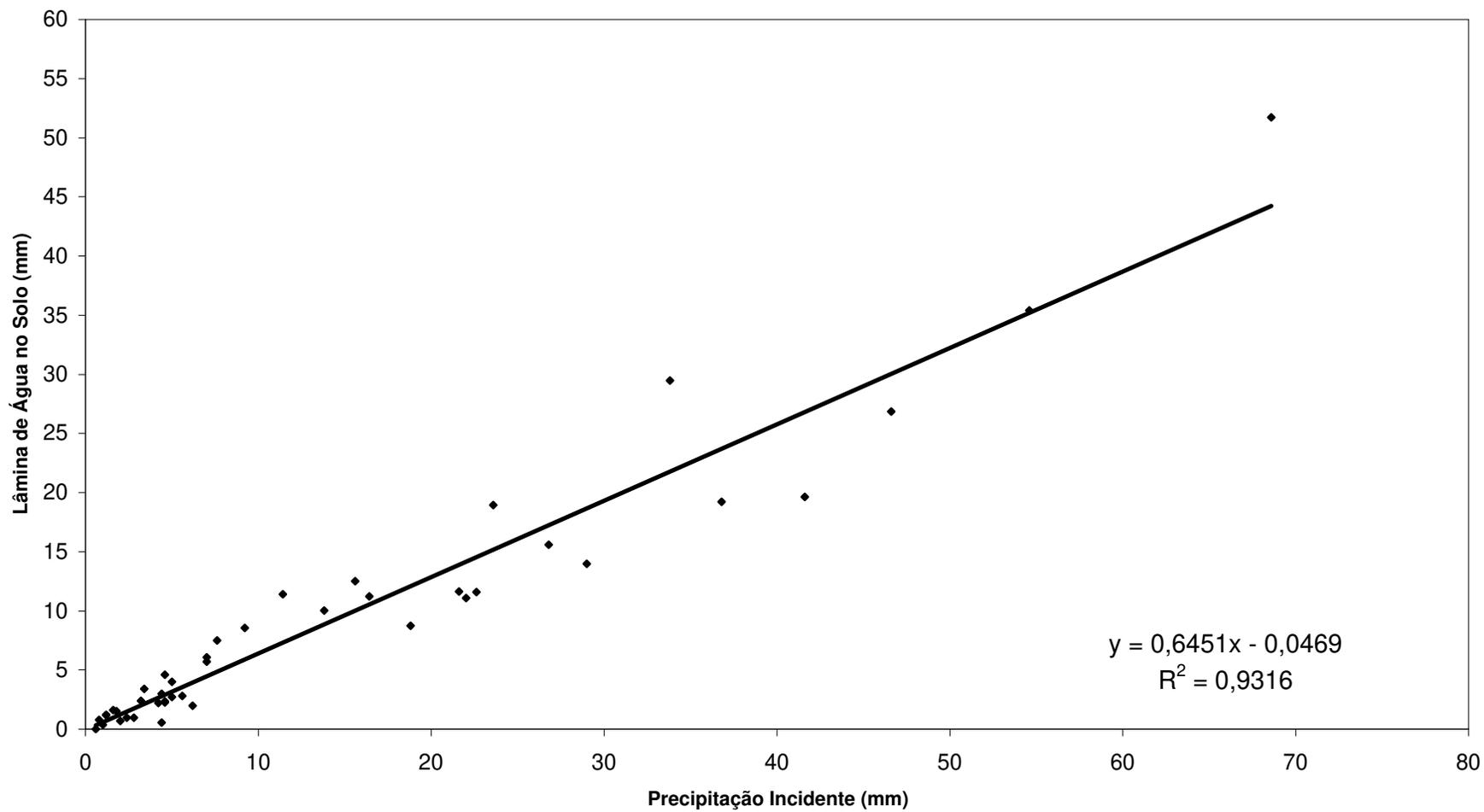


Figura F21 - VARIAÇÃO DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO CONFORME A  
PRECIPITAÇÃO INCIDENTE  
Calha 21

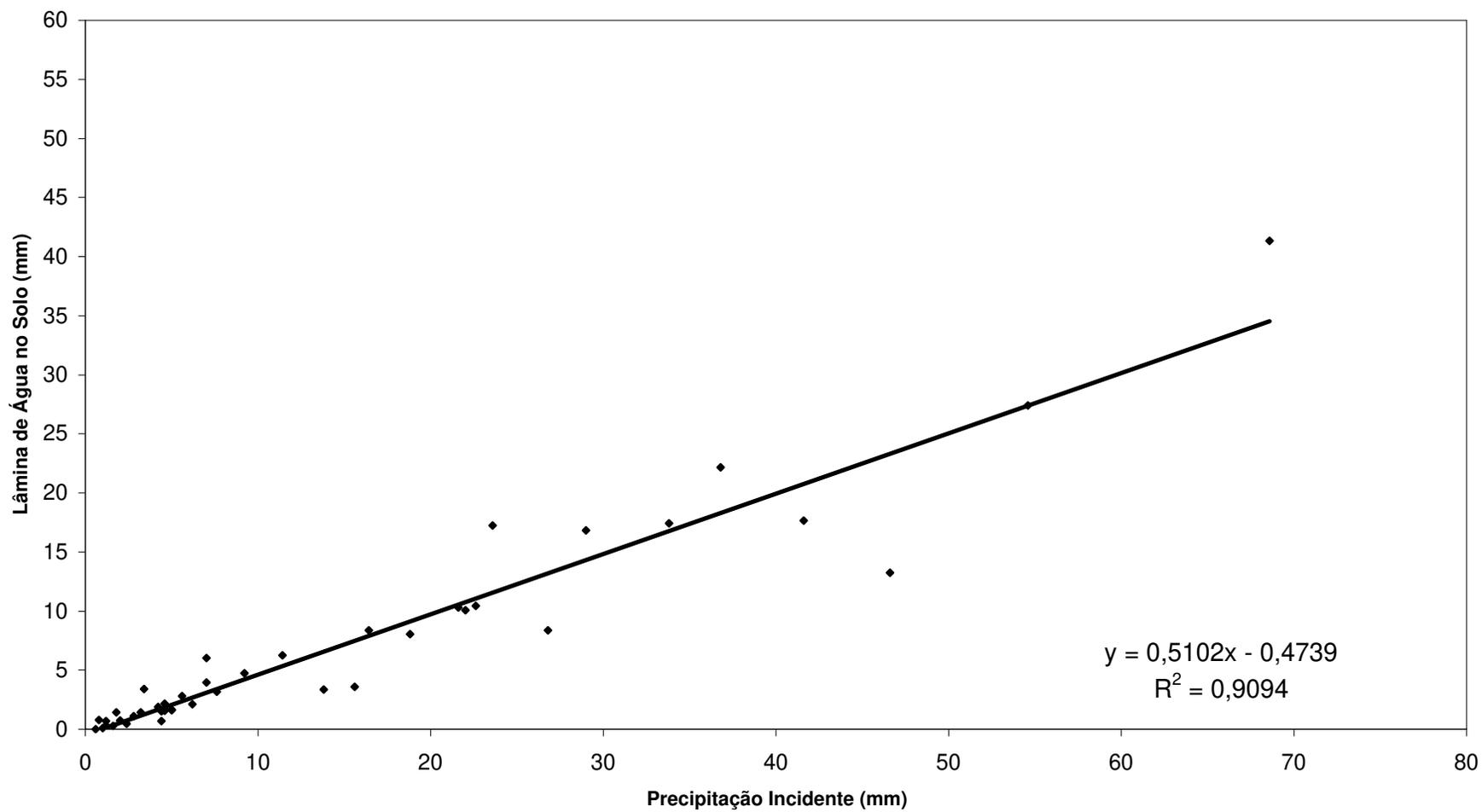


Figura F22 - VARIAÇÃO DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO CONFORME A  
PRECIPITAÇÃO INCIDENTE  
Calha 22

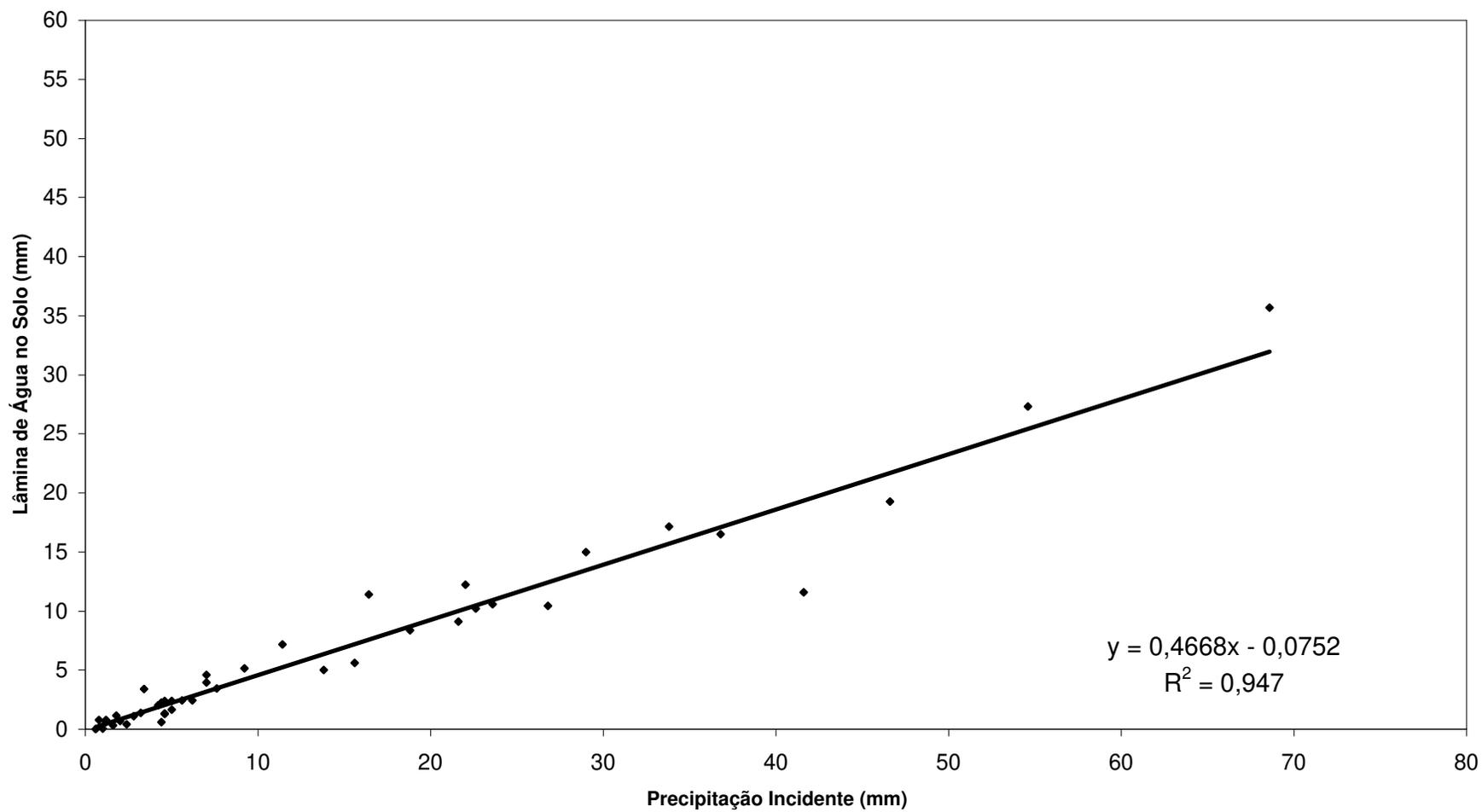


Figura F23 - VARIAÇÃO DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO CONFORME A  
PRECIPITAÇÃO INCIDENTE  
Calha 23

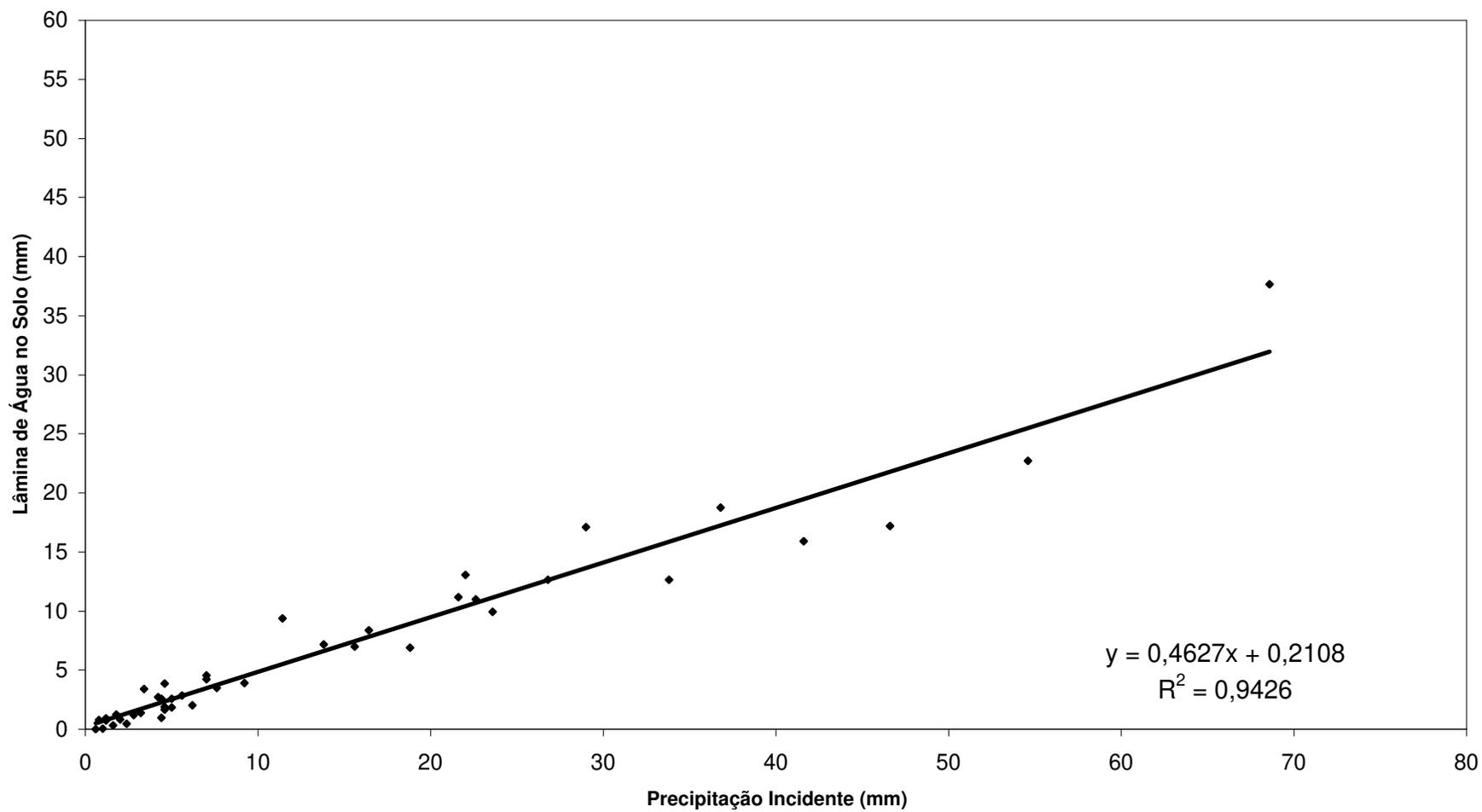
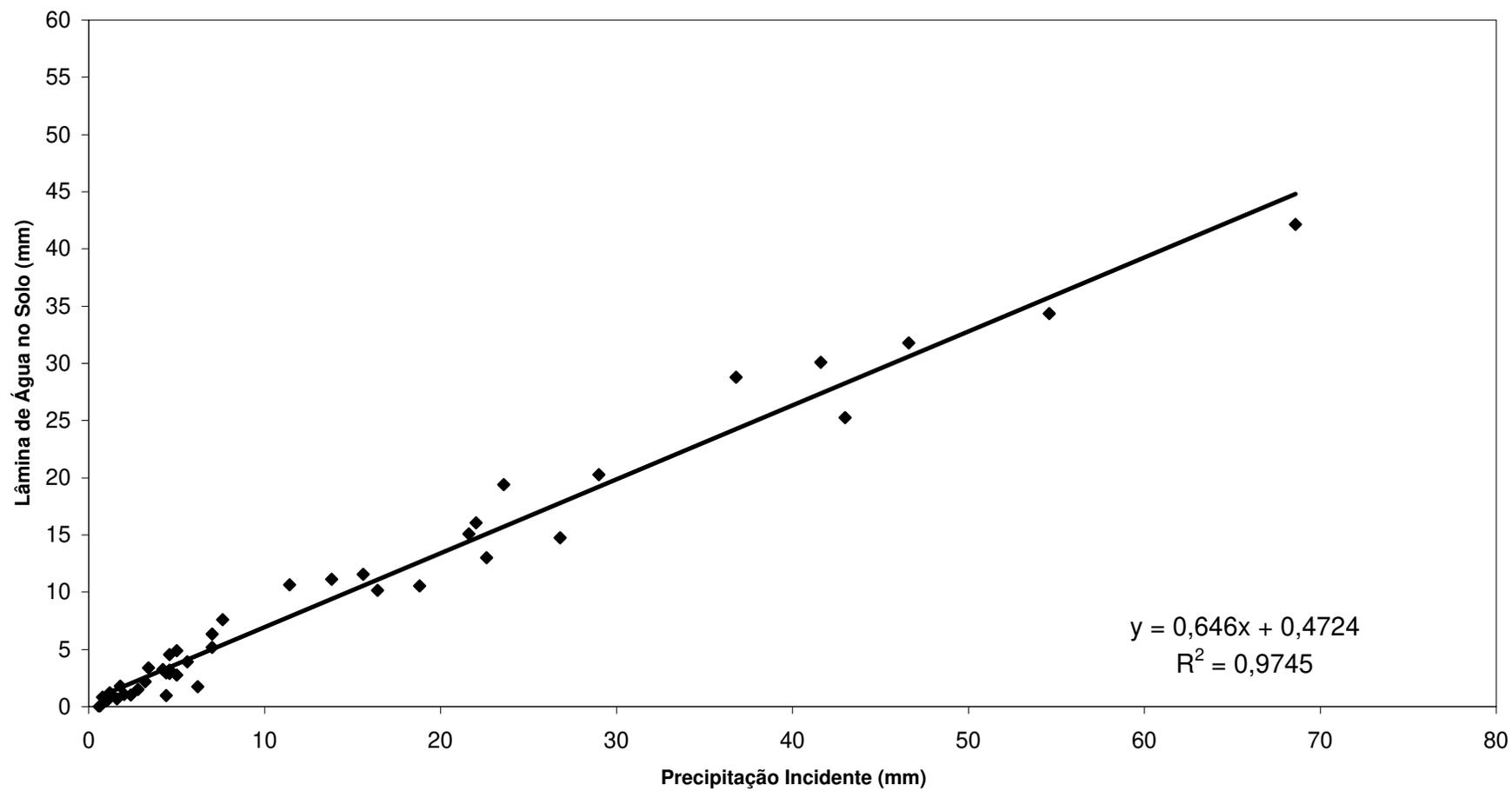


Figura F24 - VARIAÇÃO DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO CONFORME A  
PRECIPITAÇÃO INCIDENTE  
Calha 24



**Figura F25 - VARIAÇÃO DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO CONFORME A  
PRECIPITAÇÃO INCIDENTE  
Calha 25**

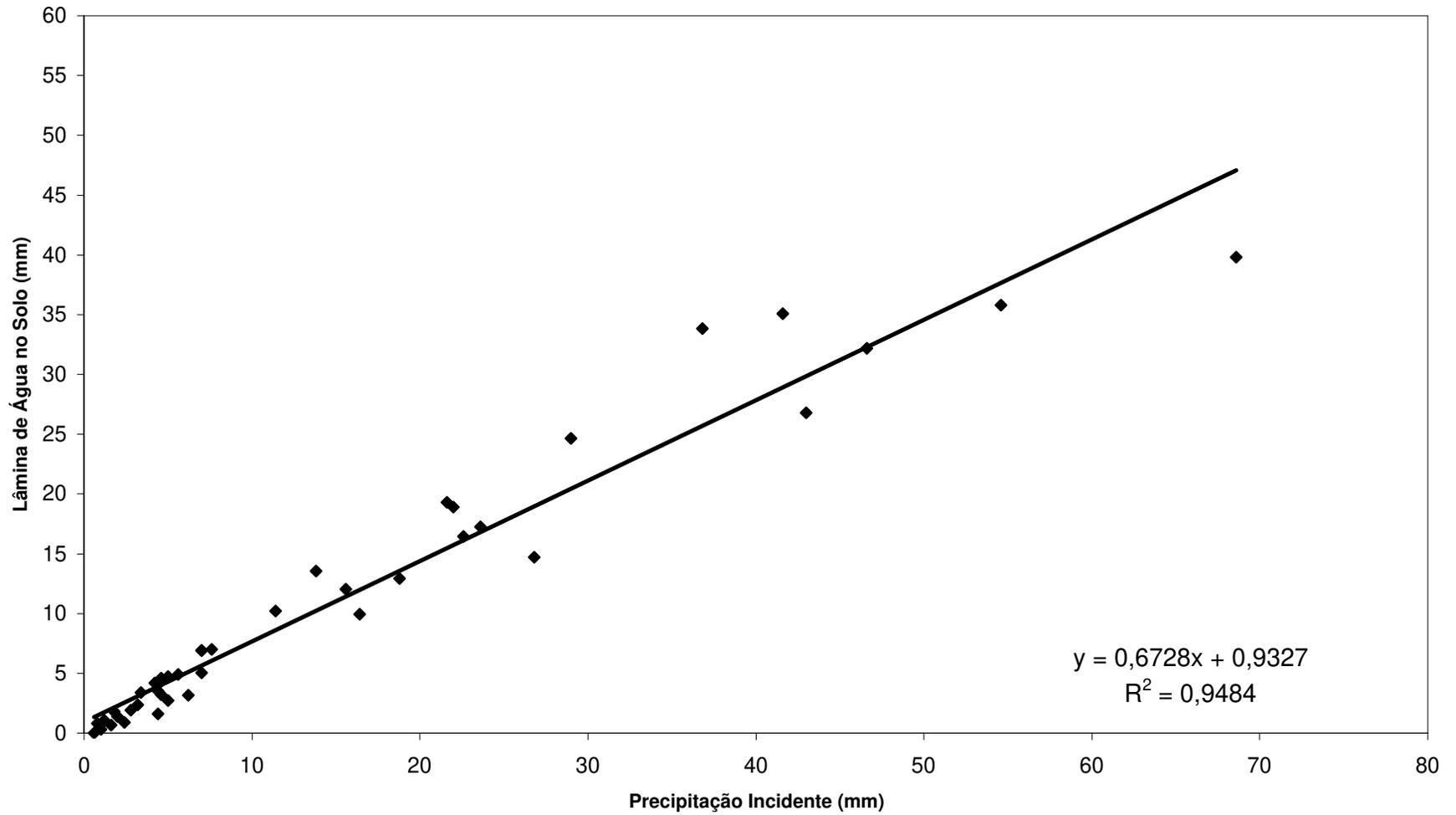


Figura F26 - VARIAÇÃO DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO CONFORME A  
PRECIPITAÇÃO INCIDENTE  
Calha 26

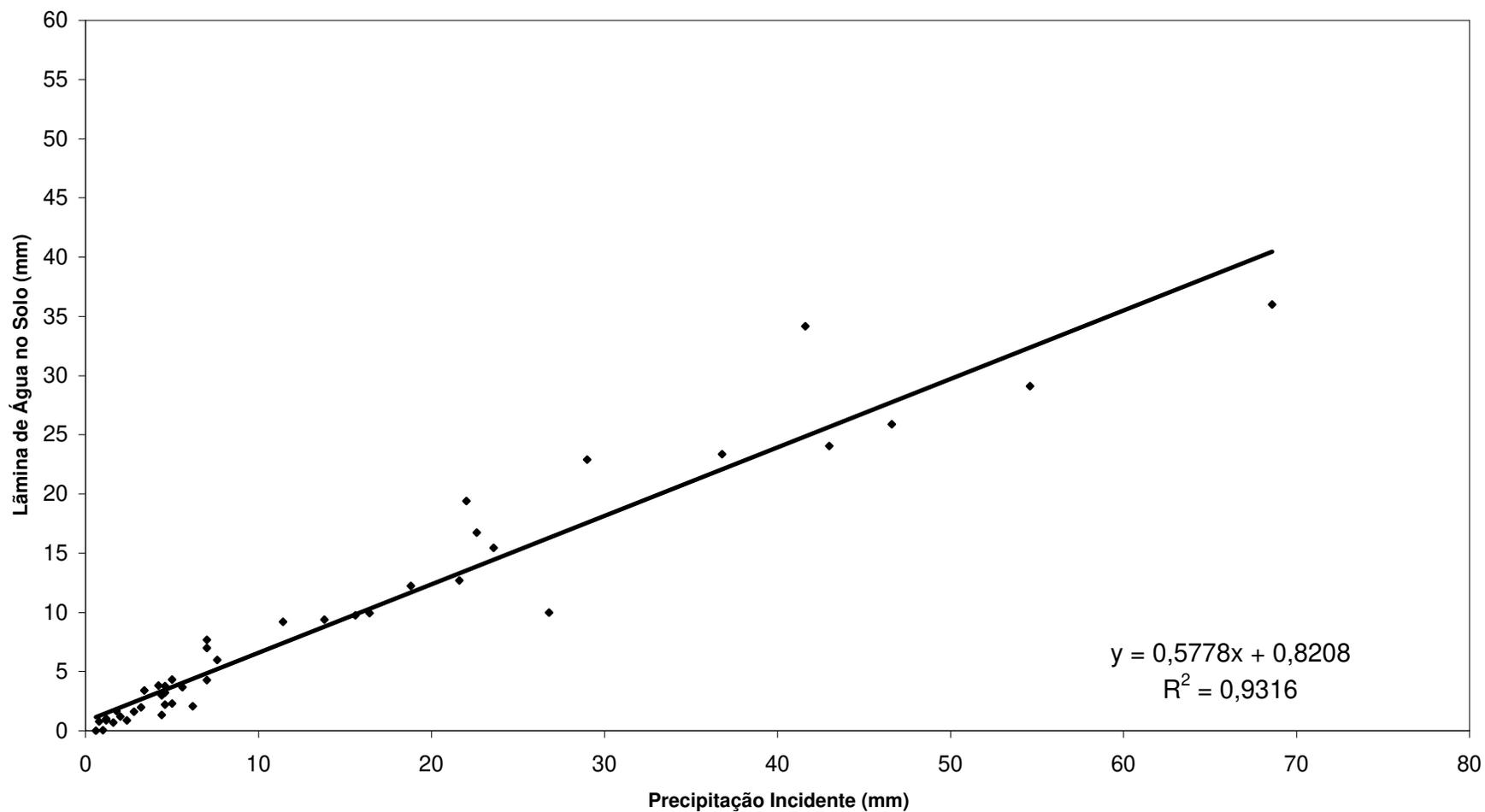


Figura F27 - VARIAÇÃO DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO CONFORME A  
PRECIPITAÇÃO INCIDENTE  
Calha 27

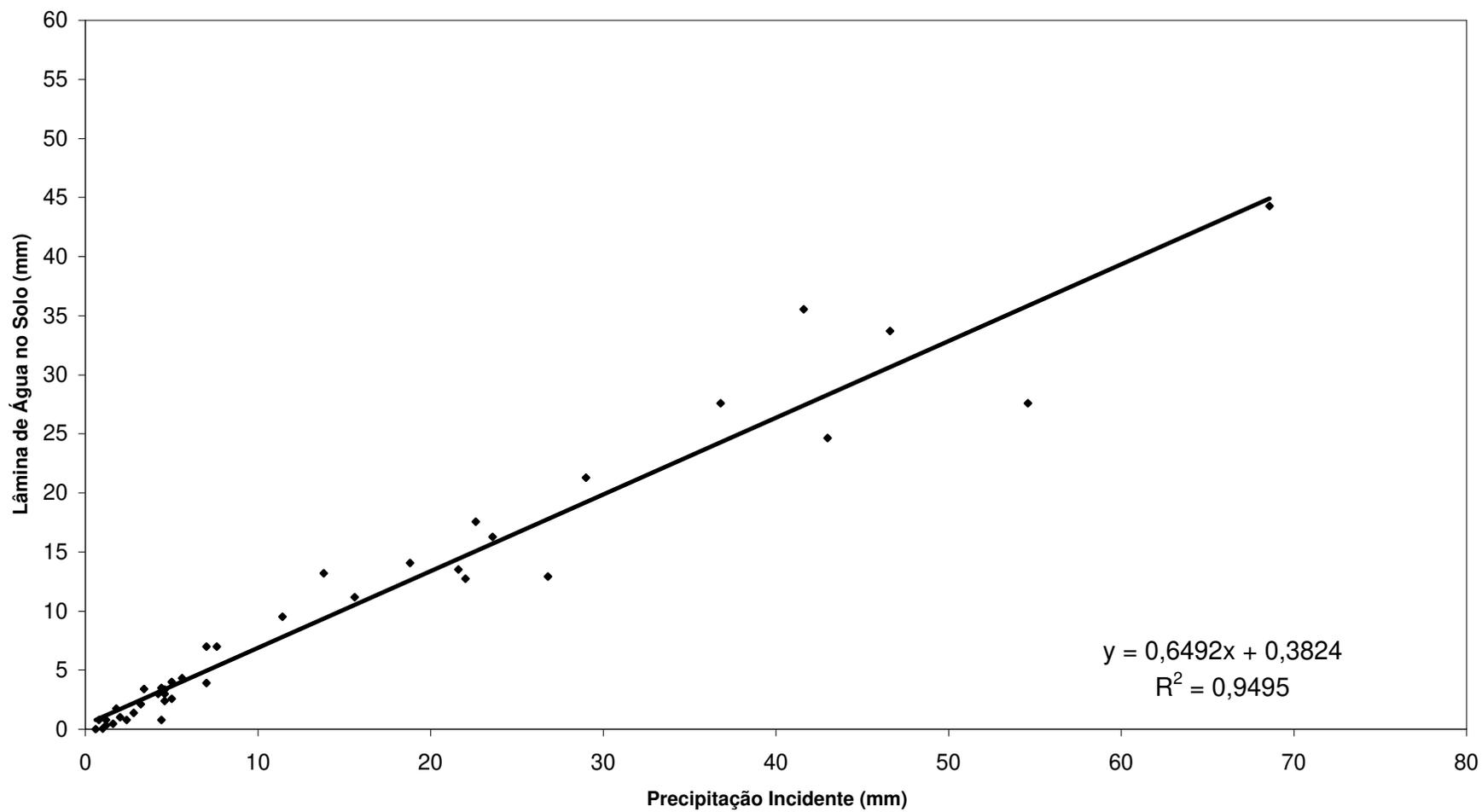
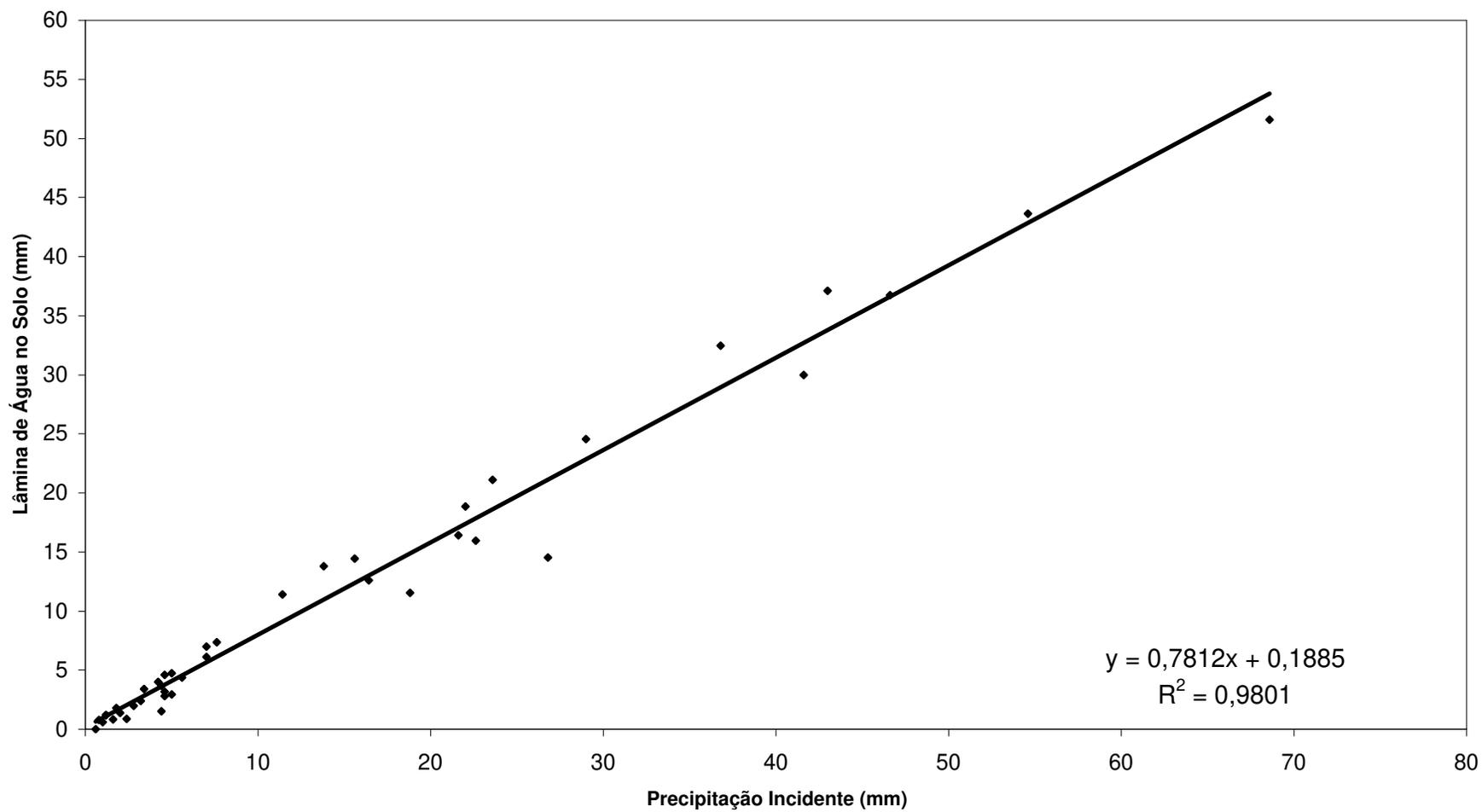
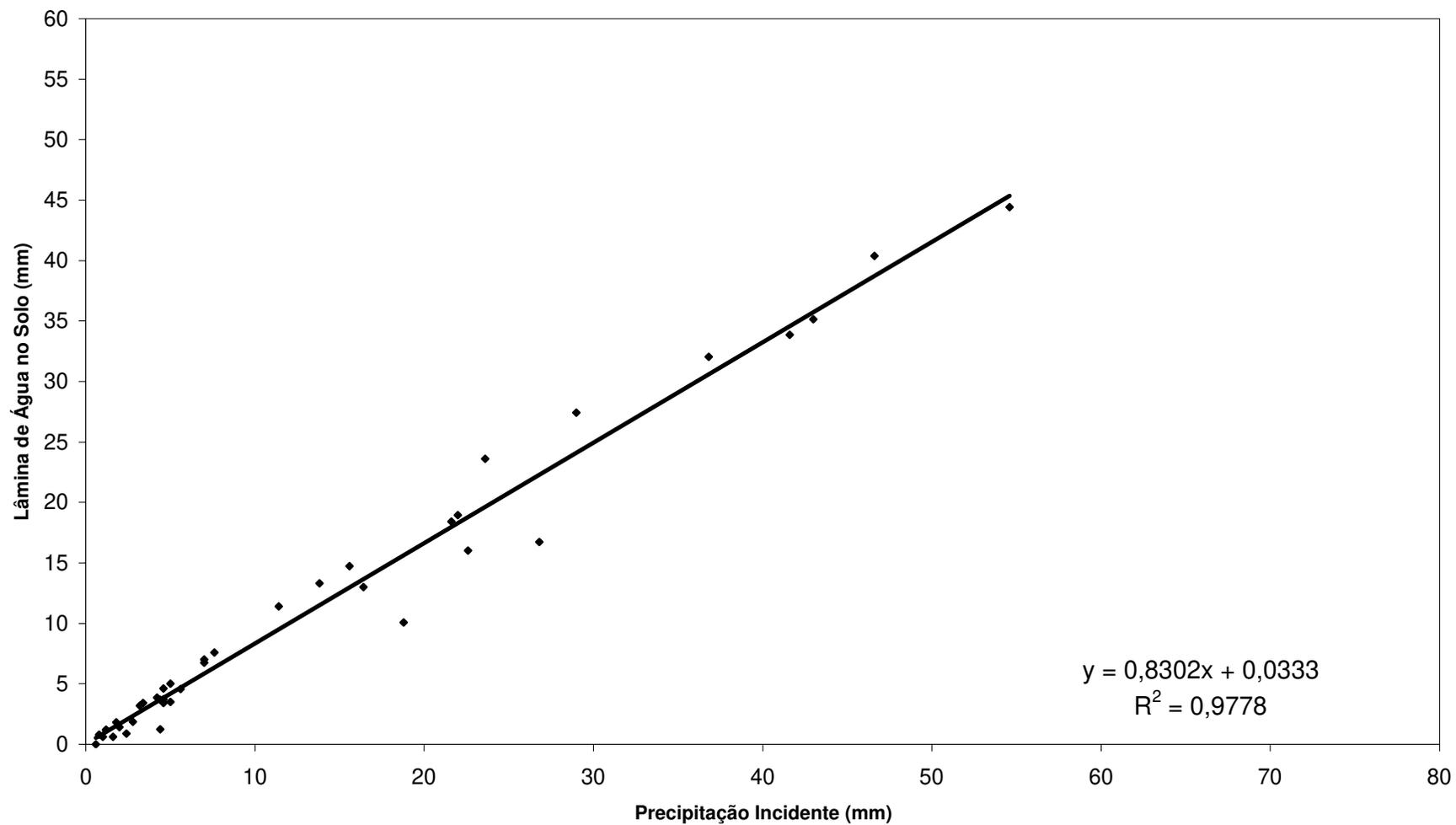


Figura F28 - VARIAÇÃO DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO CONFORME A  
PRECIPITAÇÃO INCIDENTE  
Calha 28

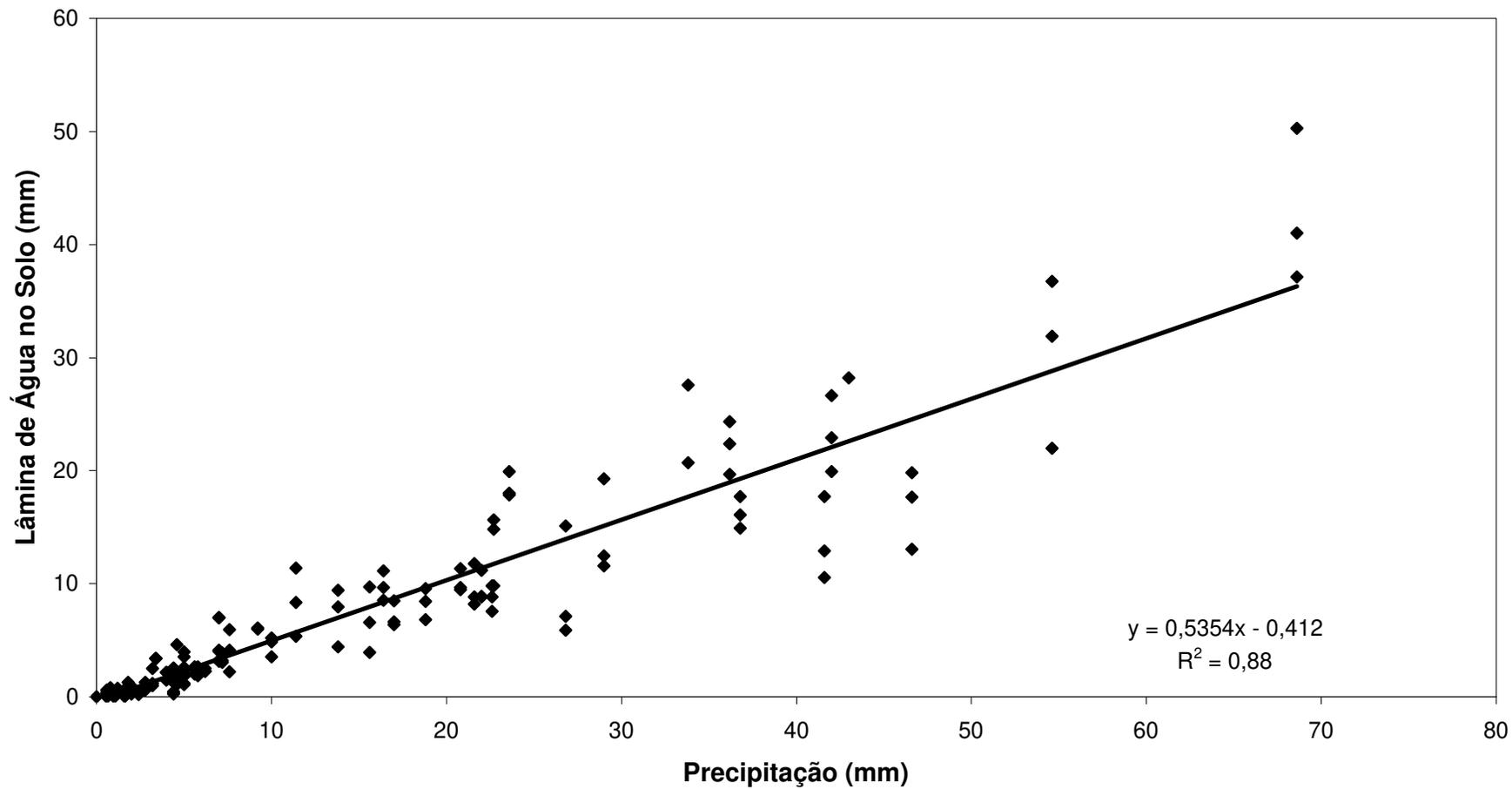


**Figura F29 - VARIAÇÃO DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO CONFORME A  
PRECIPITAÇÃO INCIDENTE  
Calha 29**

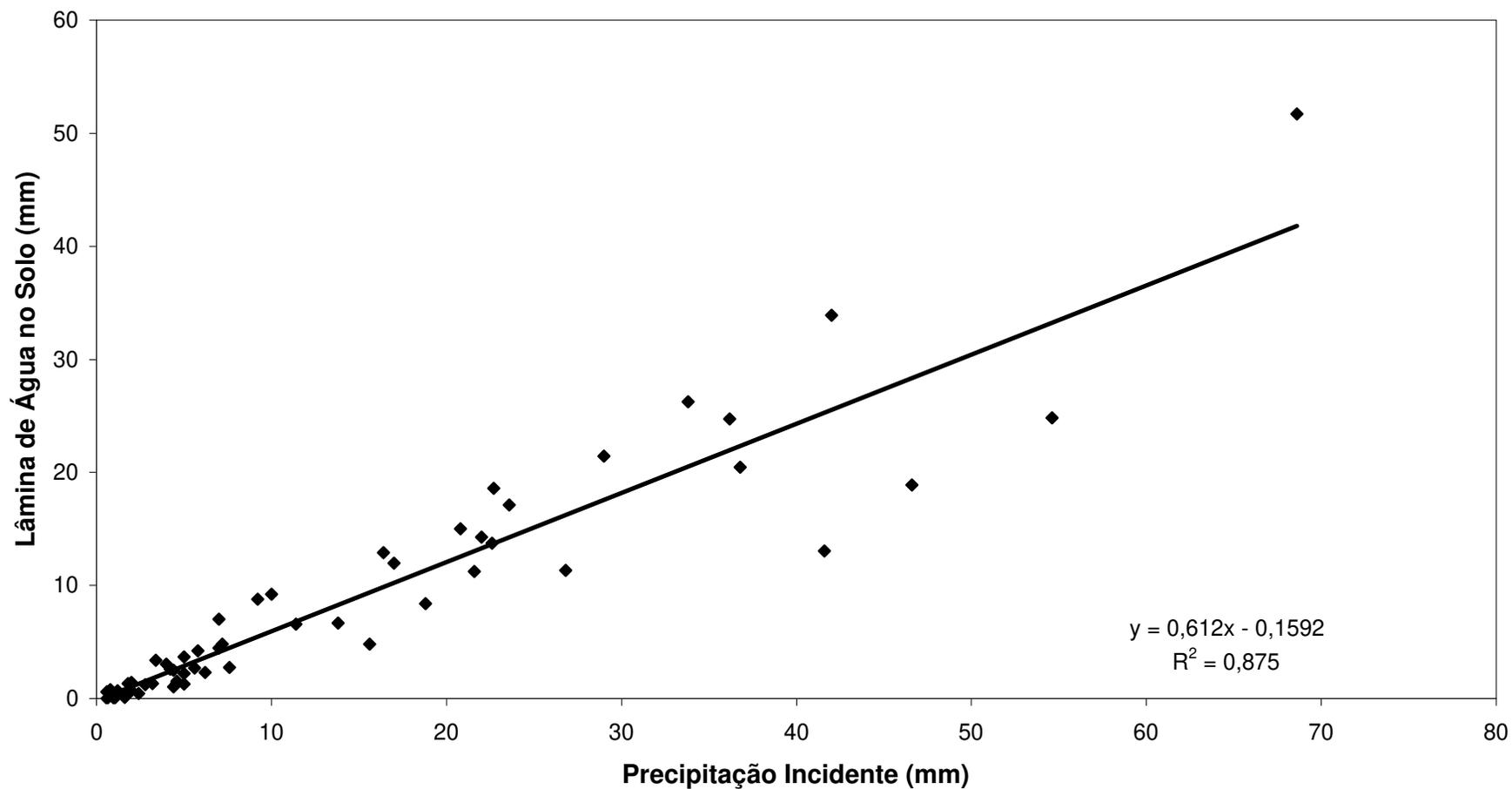


**9.7. APÊNDICE G**  
**Figuras G1 a G7 – VARIAÇÃO DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO**  
**CONFORME A PRECIPITAÇÃO INCIDENTE PARA AS CLASSES DE**  
**ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR**

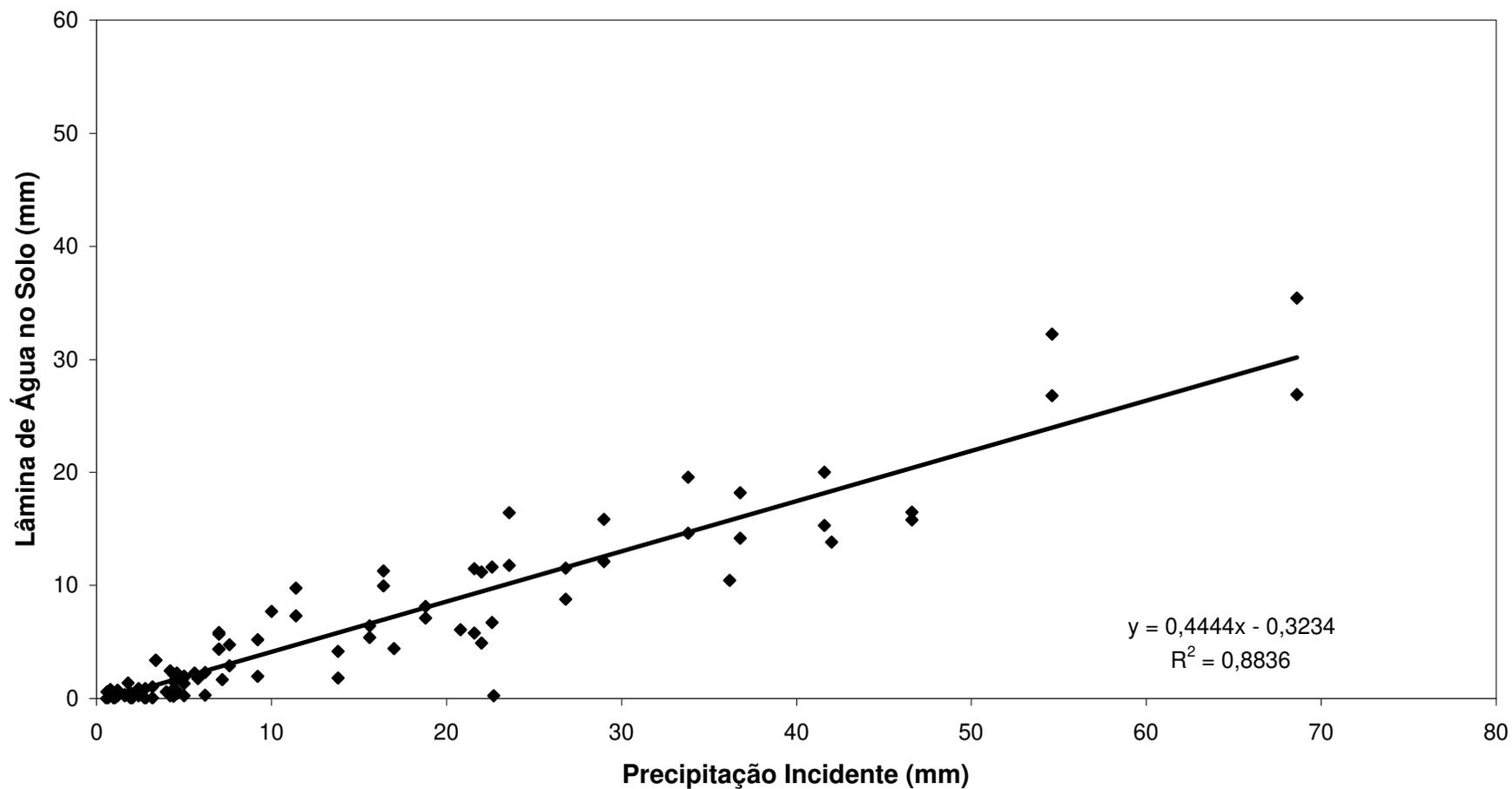
**Figura G1 - VARIAÇÃO DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO CONFORME A PRECIPITAÇÃO  
INCIDENTE PARA ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR ENTRE 3,5 E 3,2  
Calhas Pertencentes à classe 1: 9, 10, 11**



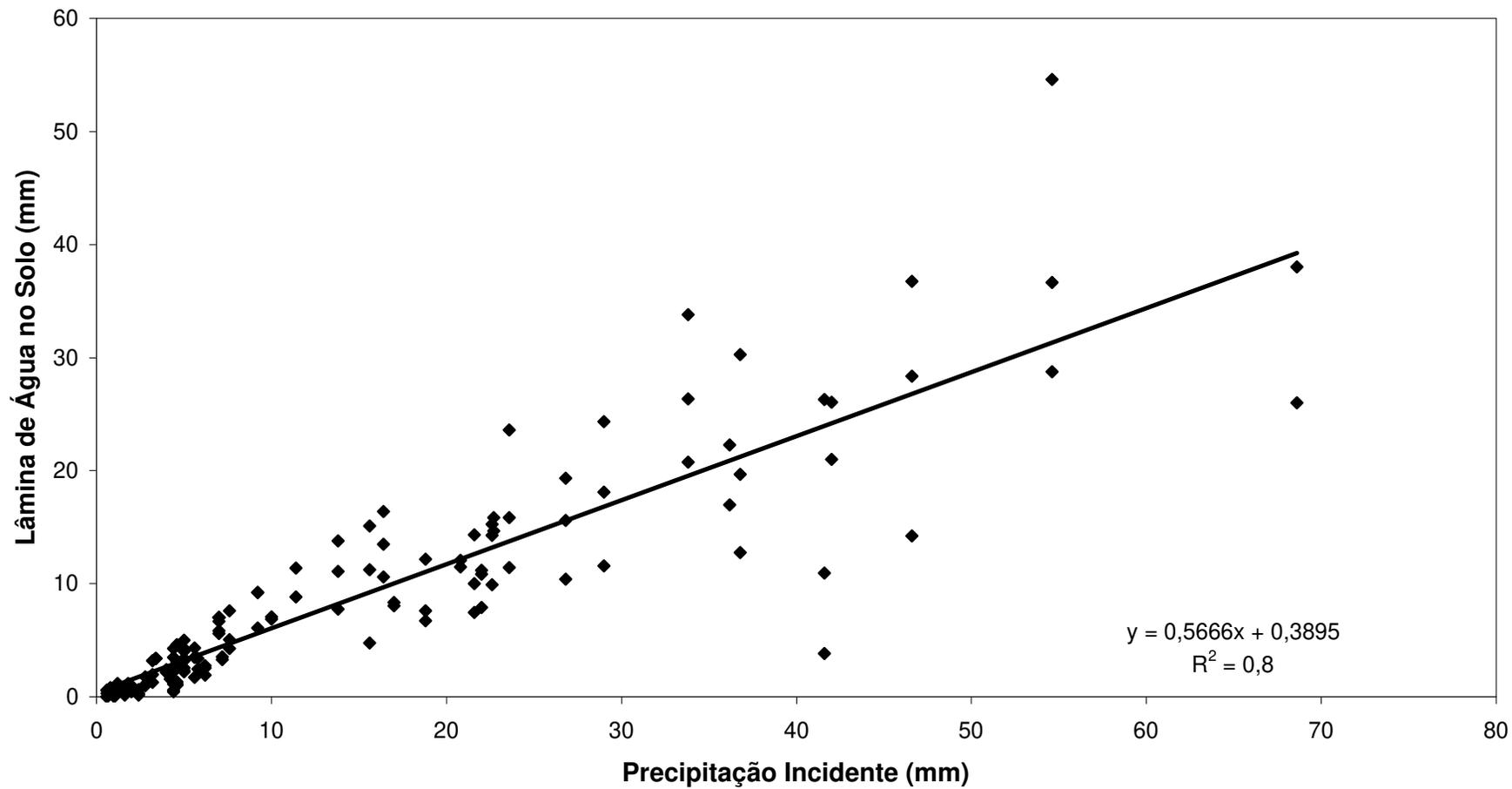
**Figura G2 - VARIAÇÃO DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO CONFORME A PRECIPITAÇÃO  
INCIDENTE PARA ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR ENTRE 3,2 E 2,9  
Calhas Pertencentes à classe 2: 1**



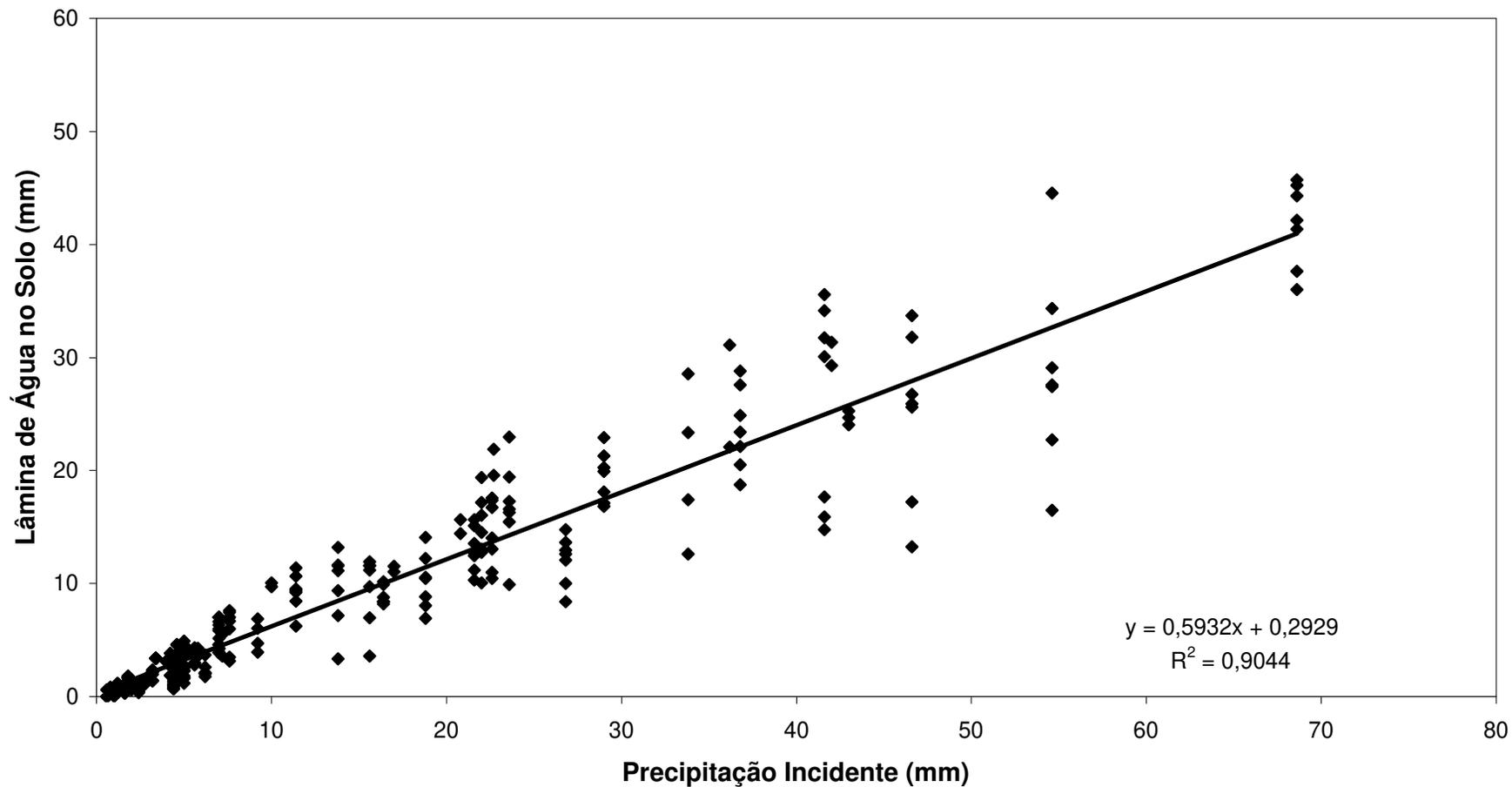
**Figura G3 - VARIAÇÃO DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO CONFORME A PRECIPITAÇÃO  
INCIDENTE PARA ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR ENTRE 2,9 E 2,6  
Calhas Pertencentes à classe 3: 8, 12**



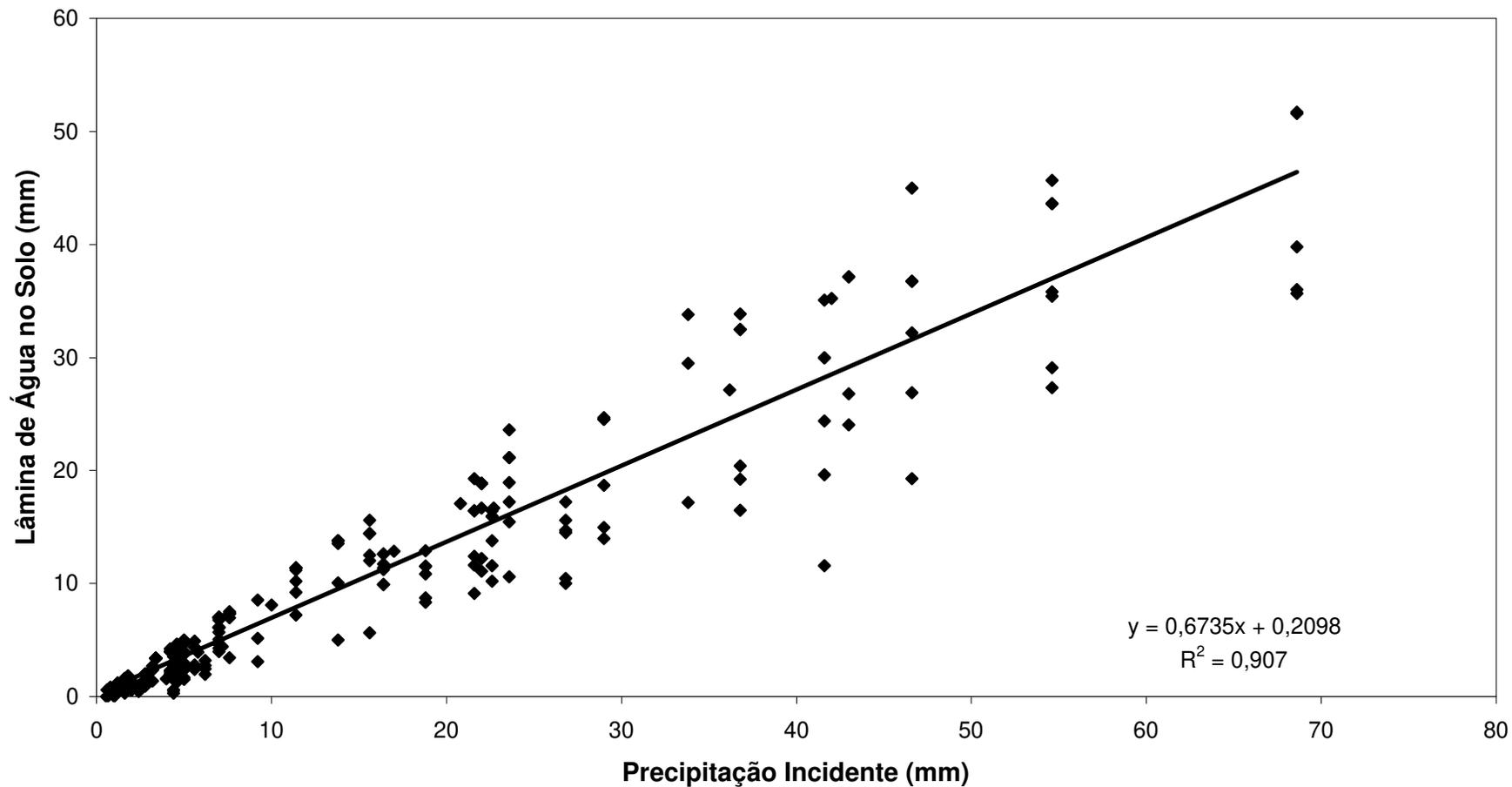
**Figura G4 - VARIAÇÃO DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO CONFORME A PRECIPITAÇÃO  
INCIDENTE PARA ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR ENTRE 2,3 E 2,0  
Calhas Pertencentes à classe 5: 2, 7, 19**



**Figura G5 - VARIAÇÃO DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO CONFORME A PRECIPITAÇÃO INCIDENTE PARA ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR ENTRE 2,0 E 1,7**  
**Calhas Pertencentes à classe 6: 4, 6, 21, 23, 24, 26, 27**



**Figura G6 - VARIAÇÃO DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO CONFORME A PRECIPITAÇÃO INCIDENTE PARA ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR ENTRE 1,7 E 1,4**  
**Calhas Pertencentes à classe 7: 3, 20, 22, 25, 28**



**Figura G7 - VARIAÇÃO DA LÂMINA DE ÁGUA NO SOLO CONFORME A PRECIPITAÇÃO INCIDENTE PARA ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR ENTRE 1,4 E 1,2  
Calhas Pertencentes à classe 8: 5, 14, 13, 15, 16,17, 18, 29**

