

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA

PRECIPITAÇÕES PLUVIAIS DA PRÉ-ESTAÇÃO CHUVOSA NO PERÍODO
CHUVOSO E SUAS INFLUÊNCIAS NA PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA DA
PARAÍBA

LINDENBERG LUCENA DA SILVA

CAMPINA GRANDE – PB
Junho de 2007

LINDENBERG LUCENA DA SILVA

PRECIPITAÇÕES PLUVIAIS DA PRÉ-ESTAÇÃO CHUVOSA NO PERÍODO CHUVOSO
E SUAS INFLUÊNCIAS NA PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA DA PARAÍBA

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do Grau de Mestre.

Área de Concentração: Meteorologia de Meso e Grande Escalas

Sub-área: Climatologia

Orientador: Prof. Dr. Renilson Targino Dantas

CAMPINA GRANDE – PB
Junho de 2007

S586p	<p>Silva, Lindenberg Lucena da. Precipitações pluviais da pré-estação chuvosa no período chuvoso e suas influências na produtividade agrícola da Paraíba / Lindenberg Lucena da Silva. - Campina Grande, 2007. 114 f.</p> <p>Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2007. "Orientação : Prof. Dr. Renilson Targino Dantas". Referências.</p> <p>1. Precipitações Pluviais - Paraíba. 2. Precipitação - Produtividade Agrícola. 3. Período Chuvoso. 4. Dissertação - Meteorologia. I. Dantas, Renilson Targino. II. Universidade Federal de Campina Grande - Campina Grande (PB). III. Título</p> <p style="text-align: right;">CDU 551.577(813.3)(043)</p>
-------	--

LINDENBERG LUCENA DA SILVA

PRECIPITAÇÕES PLUVIAIS DA PRÉ-ESTAÇÃO CHUVOSA E DO PERÍODO
CHUVOSO E SUAS INFLUÊNCIAS NA PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA DA PARAÍBA

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 28/6/2007

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. RENILSON TARGINO DANTAS
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas
Universidade Federal de Campina Grande



Profa. Dra. CÉLIA CAMPOS BRAGA
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas
Universidade Federal de Campina Grande



Prof. Dr. JOSÉ FIDELES FILHO
Departamento de Física
Universidade Estadual da Paraíba

Principalmente a DEUS, o motivo maior da
minha existência, sem Ele minha vida não
teria nenhum sentido de ser, dedico.

*Pois, por meio dele, Deus criou tudo, no céu e
na terra, tanto o que se vê como o que não se vê,
inclusive todos os poderes espirituais, as forças,
os governos e as autoridades. Por meio dele e
para ele, Deus criou todo o Universo.*

(Carta de Paulo aos Colossenses 1:16).

Aos meus queridos familiares: mãe,
pai, irmãos, avó, esposa e filha,
ofereço.

AGRADECIMENTOS

A Deus que é o princípio, o meio e o fim de todas coisas.

Aos meus pais, Jandui Lucena da Silva e Amélia Resende da Silva, pelo incentivo e exemplo de amor e honestidade.

A minha esposa, Adeilda Marinho, pelo amor, dedicação, companheirismo e compreensão.

A minha filha Lorena, por ela existir.

A minha família que nos momentos difíceis e na alegria compartilhamos juntos.

Ao professor e orientador desse trabalho, Renilson Targino Dantas, pela dedicação, incentivo e por acreditar no meu trabalho.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pelos recursos financeiros concedidos durante o curso.

Ao doutorando do Programa de Pós-graduação em Meteorologia Rafael Ferreira da Costa pela grande ajuda neste trabalho.

A Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE, através do Banco de Dados da UACA/CTRN/UFCG.

Aos Núcleos Estaduais de Meteorologia e Recursos Hídricos.

Aos professores, José Ivaldo Barbosa de Brito, Francisco de Assis Salviano da UACA/CTRN/UFCG e Emerson Mariano da Silva da DF/UECE, pelas valiosas sugestões na elaboração desse trabalho.

A Coordenação da Pós-Graduação em Meteorologia, na pessoa do professor Bernardo Barbosa da Silva

A Divanete Rocha da Cruz, secretária da Coordenação da Pós-Graduação em Meteorologia, pelo apoio e amizade.

A todos os professores e funcionários da Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas/CTRN/UFCG.

Em especial, aos amigos Genival da Silva, Hudson Ellen Alencar Menezes e Roberto Alan Ferreira Araújo pela amizade, companheirismo e apoio.

Aos colegas, Alysson Marcio Nóbrega Costa, Clênia Rodrigues Alcântara, Edmundo Wallace Monteiro Lucas, Fernanda de Sousa Sales, Jair Stefanini Pereira de Ataíde, Leidiane Leão de Oliveira, Marcos César Gomes de Souza, Maryfrance de Cássia Santos Diniz, Patrícia Pereira Cordão, Rita Micheline Dantas Ricarte, Robson Souto Brito, Samara Olinto Montenegro e Alexandre (in memoriam).

Enfim, a todos aqueles que participaram de forma direta ou indireta da elaboração deste trabalho, muito obrigado!!!

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	V
SUMÁRIO	VII
LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE TABELAS	XV
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS	XVII
RESUMO	XIX
ABSTRACT	XX
1. INTRODUÇÃO	21
2 OBJETIVOS	26
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	27
2.1. A precipitação pluvial na região Nordeste do Brasil (NEB)	28
2.2. A precipitação pluvial no Estado da Paraíba	33
2.3. Principais culturas implantadas na Paraíba	34
2.3.1. Abacaxi	35
2.3.2. Sisal ou Agave	37
2.3.3. Cana-de-açúcar	39
2.3.4. Algodão herbáceo	41
3. MATERIAL E MÉTODOS	43
3.1. Material	43
3.2. Métodos	44
3.3. Microrregiões pluviometricamente homogêneas da Paraíba	45
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	55
4.1. Precipitação pluvial nas microrregiões da Paraíba	55

4.1.1. Precipitação no Litoral	58
4.1.2. Precipitação no Brejo	61
4.1.3. Precipitação no Agreste	64
4.1.4. Precipitação Cariri/Curimataú	67
4.1.5. Precipitação Sertão	70
4.1.6. Precipitação Alto Sertão	72
4.2. Relações entre as precipitações da pré-estação chuvosa e do período chuvoso	75
4.2.1. Relação da precipitação pluvial da pré-estação com o período chuvoso no Litoral paraibano	75
4.2.2. Relação da precipitação pluvial da pré-estação com o período chuvoso no Brejo paraibano	77
4.2.3. Relação da precipitação pluvial da pré-estação com o período chuvoso no Agreste paraibano	78
4.2.4. Relação da precipitação pluvial da pré-estação com o período chuvoso no Cariri/Curimataú paraibano	79
4.2.5. Relação da precipitação pluvial da pré-estação com o período chuvoso no Sertão paraibano	80
4.2.6. Relação da precipitação pluvial da pré-estação com o período chuvoso no Alto Sertão paraibano	82
4.3. Caracterização da produtividade agrícola de algumas culturas na Paraíba	84
4.3.1. A participação da Paraíba na produção de Cana-de-açúcar do Brasil	85
4.3.1.1. Relação da precipitação pluvial com a produtividade de Cana-de-açúcar no Litoral da Paraíba	88
4.3.2. A participação da Paraíba na produção de Abacaxi do Brasil	91

4.3.2.1. Relação da precipitação pluvial com a produtividade de Abacaxi no Litoral da Paraíba _____	94
4.3.3. Relação da precipitação pluvial com a produtividade de Algodão herbáceo na Paraíba _____	96
4.3.4. Relação da precipitação pluvial com a produtividade de Sisal na Paraíba _____	99
5. CONCLUSÕES _____	104
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____	106

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Região Nordeste do Brasil com destaque (negrito) para o estado da Paraíba ____23
- Figura 2. Nordeste Brasileiro destacando a nova delimitação do semi-árido brasileiro. Fonte MI-SPDR, 2005 _____30
- Figura 3. Principais Estados produtores de Abacaxi no Brasil no ano de 2005, destacando-se a participação da Paraíba. Fonte IBGE _____37
- Figura 4. Principais Estados produtores de Sisal no Brasil no ano de 2005, destacando-se a participação da Paraíba. Fonte IBGE _____39
- Figura 5. Localização geográfica das microrregiões pluviometricamente homogêneas da Paraíba. Fonte: Silva *et al.* (2004) _____45
- Figura 6. Distribuição espacial dos postos (estações) pluviométricos da Paraíba _____51
- Figura 7. Médias das precipitações (mm) anual, período chuvoso (7 meses), estação chuvosa (4 meses) e pré-estação (3 meses) para as seis microrregiões pluviometricamente homogêneas da Paraíba, no período de 1975 a 2005 e seus respectivos desvios-padrão _____57
- Figura 8. Precipitação média mensal (mm) para a microrregião do Litoral do estado da Paraíba no período de 1975 a 2005, com destaque para pré-estação chuvosa (fev-abr) e estação chuvosa (mai-ago) _____59
- Figura 9. Variabilidade anual da precipitação (mm) para a microrregião do Litoral do estado da Paraíba, e a linha tendência, no período de 1975 a 2005 _____61
- Figura 10. Precipitação média mensal (mm) para a microrregião do Brejo do estado da Paraíba no período de 1975 a 2005, com destaque para pré-estação chuvosa (fev-abr) e estação chuvosa (mai-ago) _____62

Figura 11. Variabilidade anual da precipitação (mm) para a microrregião do Brejo do estado da Paraíba, e a linha tendência, no período de 1975 a 2005 _____	64
Figura 12. Precipitação média mensal (mm) para a microrregião do Agreste do estado da Paraíba no período de 1975 a 2005, com destaque para pré-estação chuvosa (fev-abr) e estação chuvosa (mai-ago) _____	65
Figura 13. Variabilidade anual da precipitação (mm) para a microrregião do Agreste do estado da Paraíba, e a linha tendência, no período de 1975 a 2005 _____	67
Figura 14. Precipitação média mensal (mm) para a microrregião do Cariri/Curimataú do estado da Paraíba no período de 1975 a 2005, com destaque para pré-estação chuvosa (dez-fev) e estação chuvosa (mar-jun) _____	68
Figura 15. Variabilidade anual da precipitação (mm) para a microrregião do Cariri/Curimataú do estado da Paraíba, e a linha tendência, no período de 1975 a 2005 _____	69
Figura 16. Precipitação média mensal (mm) para a microrregião do Sertão do estado da Paraíba no período de 1975 a 2005, com destaque para pré-estação chuvosa (dez-fev) e estação chuvosa (mar-jun) _____	71
Figura 17. Variabilidade anual da precipitação (mm) para a microrregião do Sertão do estado da Paraíba, e a linha tendência, no período de 1975 a 2005 _____	72
Figura 18. Precipitação média mensal (mm) para a microrregião do Alto Sertão do estado da Paraíba no período de 1975 a 2005, com destaque para pré-estação chuvosa (dez-fev) e estação chuvosa (mar-jun) _____	73
Figura 19. Variabilidade anual da precipitação (mm) para a microrregião do Alto Sertão do estado da Paraíba, e a linha tendência, no período de 1975 a 2005 _____	74
Figura 20. Relação linear entre as precipitações (mm) da pré-estação com a do período chuvoso para a microrregião do Litoral paraibano, no período de 1975 a 2005 ____	76

- Figura 21. Relação linear entre as precipitações (mm) da pré-estação com a do período chuvoso para a microrregião do Brejo paraibano, no período de 1975 a 2005 ____ 78
- Figura 22. Relação linear entre as precipitações (mm) da pré-estação com a do período chuvoso para a microrregião do Agreste paraibano, no período de 1975 a 2005 _____ 79
- Figura 23. Relação linear entre as precipitações (mm) da pré-estação com a do período chuvoso para a microrregião do Cariri/Curimataú paraibano, no período de 1975 a 2005 _____ 80
- Figura 24. Relação linear entre as precipitações (mm) da pré-estação com a do período chuvoso para a microrregião do Sertão paraibano, no período de 1975 a 2005 _____ 81
- Figura 25. Relação linear entre as precipitações (mm) da pré-estação com a do período chuvoso para a microrregião do Alto Sertão paraibano, no período de 1975 a 2005 _____ 83
- Figura 26. Precipitações médias (mm) da safra, período chuvoso, estação chuvosa e pré-estação, para as microrregiões do Litoral e Brejo da Paraíba, médias de 1975 a 2005. As linhas verticais são os desvios-padrão _____ 85
- Figura 27. Produção anual de cana-de-açúcar (milhões de toneladas) na Paraíba, no Nordeste e no Brasil, no período de 1990 a 2005, em negrito as linhas de tendências. Fonte IBGE _____ 86
- Figura 28. Produção anual de cana-de-açúcar (milhões toneladas) nas microrregiões do Litoral, do Brejo e de toda a Paraíba, no período de 1990 a 2005. Fonte IBGE __ 888
- Figura 29. Produtividade anual de cana-de-açúcar (toneladas por hectare) na microrregião do Litoral da Paraíba, no período de 1990 a 2005, e a precipitação pluvial (mm) durante o ciclo da cultura (Fontes: IBGE e AESA) _____ 89

- Figura 30. Correlação da precipitação pluvial (mm) durante o ciclo da cana-de-açúcar com a produtividade (ton.ha-1) da microrregião do Litoral da Paraíba, no período de 1991 a 2005 _____91
- Figura 31. Produção anual de Abacaxi (milhões de frutos) na Paraíba e no Brasil, no período de 1990 a 2005, em negrito as linhas de tendências. Fonte IBGE _____92
- Figura 32. Produção anual de Abacaxi (milhões de frutos) nas microrregiões do Litoral, do Brejo e de toda a Paraíba, no período de 1990 a 2005, (Fonte: IBGE) _____94
- Figura 33. Produtividade anual de Abacaxi (milhares de frutos por hectare) na microrregião do Litoral da Paraíba, no período de 1990 a 2005, e a precipitação pluvial (mm) durante o ciclo da cultura (Fontes: IBGE e AESA)_____95
- Figura 34. Produção anual de Algodão herbáceo (toneladas) na Paraíba e nas três microrregiões, Sertão, Alto Sertão e Cariri/Curimataú, no período de 1990 a 2005. Fonte IBGE _____97
- Figura 35. Produtividade anual de Algodão herbáceo (quilogramas por hectare) na microrregião do Sertão da Paraíba, no período de 1990 a 2005, e a precipitação pluvial (mm) durante o período chuvoso (Fontes: IBGE e AESA _____97
- Figura 36. Correlação da precipitação pluvial (milímetro) durante a estação chuvosa com a produtividade do Algodão herbáceo (quilograma por hectare) da microrregião do Sertão da Paraíba, no período de 1990 a 2005 _____99
- Figura 37. Produção anual de Sisal (toneladas) na Paraíba e na microrregião do Cariri/Curimataú, no período de 1990 a 2005. Fonte IBGE _____100
- Figura 38. Produtividade anual de Sisal (quilogramas por hectare) na microrregião do Cariri/Curimataú na Paraíba, no período de 1990 a 2005, e a precipitação pluvial (mm) durante o período chuvoso (Fontes: IBGE e AESA)_____1001

Figura 39. Correlação da precipitação pluvial (milímetro) durante o período chuvoso com a produtividade do Sisal (quilogramas por hectare) da microrregião do Cariri/Curimataú da Paraíba, no período de 1990 a 2005_____102

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1. Precipitação média da pré-estação chuvosa, estação chuvosa, e total anual (mm) para as microrregiões pluviometricamente homogêneas da Paraíba, no período de 1975 a 2005 _____ 45
- Tabela 2. Postos pluviométricos e suas localizações geográficas para a microrregião do Litoral da Paraíba _____ 46
- Tabela 3. Postos pluviométricos e suas localizações geográficas para a microrregião do Brejo da Paraíba _____ 47
- Tabela 4. Postos pluviométricos e suas localizações geográficas para a microrregião do Agreste da Paraíba _____ 48
- Tabela 5. Postos pluviométricos e suas localizações geográficas para a microrregião do Cariri/Curimataú da Paraíba _____ 49
- Tabela 6. Postos pluviométricos e suas localizações geográficas para a microrregião do Sertão da Paraíba _____ 50
- Tabela 7. Postos pluviométricos e suas localizações geográficas para a microrregião do Alto Sertão da Paraíba _____ 51
- Tabela 8. Ocorrência de eventos de El Niño – Oscilação Sul (ENOS) durante o período de 1975 a 2005. Fonte INPE/CPTEC, 2005. _____ 52
- Tabela 9. Modelos matemáticos obtidos pelas regressões lineares entre as precipitações pluviais na pré-estação chuvosa (PEC) e no período chuvoso (PC) das seis microrregiões da Paraíba. _____ 84

Tabela 10. Modelos matemáticos obtidos pelas regressões polinomiais de terceira ordem entre as precipitações pluviais durante a Safra (*PS*) e no período chuvoso (*PC*) e pré-estação (*PE*) com a Produtividade (*Pdv*) de algumas culturas agrícolas na Paraíba _____103

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

AESA	Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba
APROSICS	Associação dos Produtores de Sisal do Curimataú e Seridó
CCM	Complexo Convectivo de Mesoescala
CNPA	Centro Nacional de Pesquisa do Algodão
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
DOL	Distúrbios Ondulatórios de Leste
EC	Estação chuvosa
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ENOS	El Niño-Oscilação Sul
GTI	Grupo de Trabalho Interministerial
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IOS	Índice de Oscilação Sul
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
K	Potássio
LI	Linha de Instabilidade
LMRS	Laboratório de Meteorologia, Recursos Hídricos e Sensoriamento Remoto
LNE	Leste do Nordeste
MI	Ministério da Integração Nacional
SPDR	Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional
N	Nitrogênio
NEB	Nordeste do Brasil
NNE	Norte do Nordeste
OMJ	Oscilação de Madden e Julian

P	Fósforo
PC	Período chuvoso
Pdv	Produtividade
PE	Pré-estação
POAS	Perturbações Ondulatórias no Campo dos Alísios
PS	Precipitação da safra
SUDENE	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
TSM	Temperatura da Superfície do Mar
VCAT	Vórtice Ciclônico da Alta Troposfera
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

RESUMO

Este estudo foi realizado para determinar as relações existentes entre as precipitações pluviais da pré-estação chuvosa com as precipitações do período chuvoso para o período de 1975 a 2005, em seis microrregiões pluviometricamente homogêneas do estado Paraíba (Litoral, Brejo, Agreste, Cariri/Curimataú, Sertão e Alto Sertão). Foram analisadas as correlações entre as precipitações pluviais durante a safra para as culturas de Cana-de-açúcar e Abacaxi nas microrregiões do Litoral e Brejo. E as correlações entre as precipitações pluviais durante os sete meses do período chuvoso e as produtividades de Algodão herbáceo na microrregião do Sertão paraibano e do Sisal na microrregião do Cariri/Curimataú, para o período de 1990 a 2005. As três microrregiões, Litoral, Brejo e Agreste, tiveram pré-estações chuvosas (fevereiro, março e abril) representando cerca de 40% das precipitações dos períodos chuvosos. As microrregiões do Cariri/Curimataú, Sertão e Alto Sertão, registraram pré-estações chuvosas representando cerca de 20% das precipitações dos períodos chuvosos. Com a estimativa da precipitação no período chuvoso poderá ser recomendado o cultivo, ou não, em uma determinada microrregião. Os testes realizados com as equações de regressões polinomiais utilizando a precipitação pluvial da pré-estação chuvosa ou do período chuvoso como variável independente, não foram suficientes para estimar a produtividade da Cana-de-açúcar no Litoral, pois pequenos volumes de precipitação não suprem as necessidades hídricas da cultura. A produtividade do Abacaxi não apresentou correlações significativas com as precipitações pluviais nas microrregiões do Litoral e Brejo. Fortes correlações foram obtidas entre as precipitações pluviais durante o período chuvoso e as produtividades de algodão herbáceo no Sertão e do Sisal no Cariri/Curimataú do estado da Paraíba.

ABSTRACT

This study was carried out to determine if there is a relationship between early rainy season precipitations (three months) with rainy season (seven months) precipitations during 1975-2005, in six micro regions homogeneous pluviometrically of Paraíba State, Littoral (Litoral), Meadows (Brejo), Agreste, Cariri/Curimataú, Sertão and Alto Sertão. We analyzed the relationships between production season rainfall for cultures of Sugar-cane and Pineapple in the micro regions of Littoral and Meadows. And the relationships between the seven months of production season rainfall and Cotton productivity in the micro region of Sertão and of Sisal in the micro region of Cariri/Curimataú, all of them to 1990-2005. The three micro regions of Littoral, Meadows and Agreste have been early rainy season (February, March and April) representing around 40% of rainy season precipitations (February to August). While as the micro regions of Cariri/Curimataú, Sertão and Alto Sertão registered the early rainy season (November, December and January) representing around 20% of rainy season precipitations (November to May). With rainy season precipitations estimative can will to decide to plant, or not, in a determinate micro region. Tests accomplished with polynomial regression equations using only early rainfall season or rainy season like independent variable, did not sufficient to estimate Sugar-cane productivity on the Littoral, therefore small rainfall quantities don't supply the crop water contents. Pineapple productivity didn't present significant correlations to micro regions Littoral and Brejo rainfalls. Strong correlations were obtained between the rainy season precipitations and the Cotton productivity in the Sertão, and to Sisal in the Cariri/Curimataú of Paraíba State.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o meio ambiente vem passando continuamente por mudanças climáticas e tem sido motivo de vários estudos visando evitar que os efeitos causados por estas prejudiquem as diversas formas de vida na superfície terrestre. O conhecimento destas alterações em uma determinada região faz-se necessário, pois o clima corresponde a um fator preponderante para a existência da vida de um modo geral e no desenvolvimento das diversas atividades humanas na área considerada.

As adversidades no clima podem ser causadas por mudanças antropogênicas ou naturais. As alterações climáticas de origem antropogênica são causadas pela ação do homem no meio físico e, de um modo geral, são irreversíveis e apresentam escala de extensão variando de pequena até a meso-escala. Quanto às alterações de origem natural, estas podem variar sua extensão da meso à grande escala e estão relacionadas com a circulação geral da atmosfera (enchentes, secas, etc.), além de estarem associadas com eventos climáticos extremos.

Os elementos meteorológicos têm desafiado a humanidade diante dos benefícios ou prejuízos na qual o tempo meteorológico se apresenta. Por isso, é de conhecimento a influência do clima no ambiente terrestre, levando-nos a uma busca crescente ao seu entendimento, partindo dos fatores que provocam sua variação independente da sua escala de abrangência.

A variabilidade climática é de grande importância para os diversos setores, tais como: economia, pecuária, engenharia e produção de energia. No setor da economia, a agricultura é uma das atividades mais vulneráveis a estas mudanças, sendo a responsável por grande parte das exportações brasileiras, bem como pela geração de milhares de empregos. As mudanças climáticas podem afetar os sistemas agrícolas regionais com sérias consequências na produção de alimentos. Os impactos específicos dependem de como os efeitos das mudanças são transferidos para os fatores que determinam a viabilidade e a utilização destas áreas.

A região Nordeste do Brasil (NEB) está localizada nos trópicos entre 1° e 18° Sul e 35° e 48° Oeste, abrange uma extensão territorial de aproximadamente 1,6 milhões de quilômetros quadrados (Figura 1). Na maior parte dessa região a precipitação é escassa e tem flutuações interanuais bastante acentuadas quando comparada com outras áreas tropicais do globo.

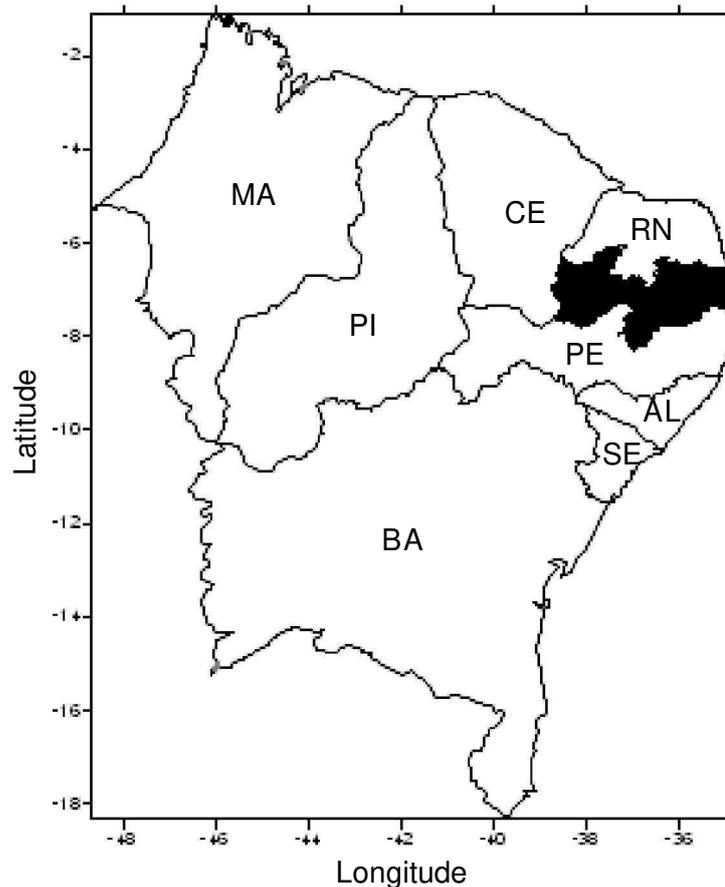


Figura 1. Região Nordeste do Brasil com destaque (negrito) para o estado da Paraíba.

O problema da irregularidade pluviométrica no NEB resulta, não somente da variação dos totais pluviométricos, mas, principalmente, da duração e intensidade dessas precipitações. Assim a problemática da extrema variabilidade espacial e temporal da pluviometria de grande parte do NEB configura-se como uma das questões mais importantes, da meteorologia brasileira. Acredita-se que o estabelecimento de um modelo operacional de prognósticos da estação chuvosa, com previsões fornecidas com antecedência de, pelo menos, alguns meses (pré-estação chuvosa) em relação aos meses de maior pluviometria (estação chuvosa), viria ao encontro do propósito do governo e de particulares de se precaverem e de planejarem medidas destinadas a minimizar os efeitos adversos, tantas vezes devastadores das grandes estiagens, sobre as populações e economia regional. Contudo, o sucesso alcançado até o

presente na previsão dos índices pluviométricos, se estabelecidos pelo critério de 80% de acerto, como já recomendado por Walker (1928), tem sido bastante modesto devido à grande complexidade e às limitações associadas aos modelos atualmente utilizados no seu prognóstico.

Em virtude dessa irregularidade climática, quase que periodicamente, grandes extensões do NEB são submetidas aos efeitos das secas que ocasionam o êxodo rural e enfraquecem ainda mais sua economia. Em outras ocasiões, em alguns anos específicos extremos, têm-se inundações em áreas ribeirinhas, desmoronamentos em morros localizados nos centros urbanos mais habitados, etc. Todos esses acontecimentos tornam a região, centro das atenções de pesquisadores de diversas partes do mundo.

Sabe-se que as estiagens e as chuvas em excesso por períodos seguidos, em várias partes do mundo, incluindo o estado da Paraíba, estão associadas aos fenômenos de escala global, como o El Niño e La Niña, que afetam a Circulação Geral da Atmosfera. A intensidade e a fase dessa oscilação são observadas pela Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do Pacífico equatorial e pelo Índice de Oscilação Sul (IOS), o qual, em 1932, Walker e Bliss definiram como: a) positivo, quando a pressão está abaixo da média ao norte da Austrália e acima da média no anticiclone do Pacífico Sul, mais a leste; b) negativo, no caso inverso (Xavier, 2001). Nos anos em que predomina a fase negativa (fase baixa) da Oscilação Sul (OS), ocorrem os chamados anos de El Niño (EN), enquanto durante a fase positiva (fase alta) da OS ocorrem os anos denominados La Niña (LN).

Os impactos desses fenômenos climáticos, no Brasil, são mais marcantes e estudados nas regiões Sul e Nordeste. Mesmo assim, as características não são equivalentes entre as áreas destas regiões e durante os meses de atuação dos fenômenos. Xavier (2001) cita que

para o Ceará é falso que anos LN sejam necessariamente chuvosos, bem como, que em anos de EN deva necessariamente ocorrer uma seca, a menos que seja um evento excepcionalmente forte.

1.1. OBJETIVOS

Este trabalho teve os seguintes objetivos:

(i) Geral

Determinar as relações entre as precipitações pluviiais da pré-estação e do período chuvoso nas microrregiões da Paraíba no período de 1975 a 2005, para subsidiar o planejamento agrícola.

(ii) Específicos

a) Correlacionar as precipitações pluviiais da safra com a produtividade da Cana-de-açúcar na microrregião do Litoral da Paraíba no período de 1990 a 2005.

b) Correlacionar as precipitações pluviiais da pré-estação com a produtividade do Abacaxi nas microrregiões do Litoral e do Brejo da Paraíba no período de 1990 a 2005.

c) Correlacionar as precipitações pluviiais do período chuvoso com as produtividades do Algodão herbáceo e Sisal nas microrregiões do Sertão e do Cariri / Curimataú da Paraíba, respectivamente, no período de 1990 a 2005.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A produtividade agrícola no Brasil depende criticamente do clima e sua variabilidade. Esta dependência é importante durante o ciclo de vida de determinadas culturas, sendo a responsável pela alternância das produções anuais destas. Isto influencia diretamente no balanço da produção, havendo perdas ou ganhos em função das condições climáticas de uma região. Um exemplo disso é o balanço percentual da produção de cereais na América do Sul, que ganha cerca de trinta milhões de toneladas por ano; sendo que dos seus doze países, seis perdem mais de sessenta milhões de toneladas e outros ganham noventa milhões. O Brasil, que representa metade da população da América do Sul, perde 14% da produção de grãos (IPCC, 2001).

Os elementos climáticos, como a radiação solar, vento, precipitação pluvial e a temperatura do ar possuem influência decisiva no crescimento das plantas, além de provocarem diversos efeitos sobre regiões produtoras de alimentos. Muitas vezes esses efeitos podem acarretar em perdas quase totais da produção, provocando escassez de alimentos. Por isso, fazem-se necessários estudos mais detalhados sobre as características dos elementos climáticos, contribuindo, assim, para um melhor planejamento na produção

agrícola, determinando a época de plantio mais apropriada, de modo que uma referida cultura não seja prejudicada por condições climáticas adversas (EMBRAPA-CNPA, 2005).

O regime de precipitação é a principal característica climática que determina a duração da estação de crescimento das plantas em regiões tropicais, em contraste com as regiões temperadas, nas quais o início e o fim da estação de crescimento são definidos pelo regime sazonal da temperatura do ar. A época de plantio de uma cultura está diretamente condicionada ao regime de chuvas de uma determinada região e a fertilidade do solo explorado. A quantidade e a distribuição temporal das chuvas são importantes para as culturas, pois a demanda de água deve ser considerada para que as plantas apresentem um bom desenvolvimento, proporcionando uma boa produtividade agrícola. Suas necessidades hídricas são determinadas em função da demanda imposta pelas condições ambientais, da água no solo para a cultura e também por fatores inerentes à própria planta (área foliar, distribuição do sistema radicular, etc) (Oliveira *et al.* 2000).

2.1. A precipitação pluvial na região Nordeste do Brasil (NEB)

No Nordeste Brasileiro (NEB) os ciclos naturais da vida estão vinculados diretamente à escassez de água. O déficit hídrico é o grande problema enfrentado na Região, causando graves problemas econômicos com reflexos sociais. As adversidades climáticas, aliadas ao pouco acesso às modernas tecnologias disponíveis ao homem do campo, resultaram em conseqüências danosas às populações locais, principalmente na agricultura e a pecuária que são a base da economia local (Silva *et al.* 2004a).

No estudo de Araújo *et al.* (2003) todo o NEB possui acima de 90% da área caracterizada pela região de semi-árido, com distribuição temporal e espacial das chuvas

muito irregular. Estende-se por 868.000 km², abrangendo desde o Norte de Minas Gerais e Espírito Santo, os sertões da Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí até uma parte do Sudeste do Maranhão. Vivem nessa região mais de dezoito milhões de pessoas, sendo oito milhões na área rural. A precipitação pluviométrica é de 750 mm ano⁻¹, em média, concentrada em intervalos de aproximadamente 90 a 150 dias e em anos de seca, não atinge os 200 mm ano⁻¹.

Uma nova delimitação do semi-árido brasileiro (Figura 2) foi realizada pelo Grupo de Trabalho Interministerial (GTI) que tomou por base três critérios técnicos: I. Precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 milímetros; II. Índice de aridez de até 0,5 calculado pelo balanço hídrico que relaciona as precipitações e a evapotranspiração potencial, no período entre 1961 e 1990; e III. Risco de seca maior que 60%, tomando-se por base o período entre 1970 e 1990. Esses três critérios foram aplicados consistentemente a todos os municípios que pertencem à área da antiga Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), inclusive os municípios do Norte de Minas e do Espírito Santo. Em 10 de março de 2005, o Ministro da Integração Nacional assinou, na cidade de Almenara, no Nordeste de Minas Gerais, Portaria que instituiu a nova delimitação do semi-árido brasileiro, resultante do trabalho do GTI que atualizou os critérios de seleção e os municípios que passam a fazer parte dessa região. Além dos 1.031 municípios já incorporados, passam a fazer parte do semi-árido outros 102 novos municípios enquadrados em pelo menos um dos três critérios utilizados. Com essa atualização, a área classificada oficialmente como semi-árido brasileiro aumentou de 892.309,4 km² para 969.589,4 km², um acréscimo de 8,66%. Minas Gerais teve o maior número de inclusões na nova lista - dos 40 municípios anteriores, vai para 85, variação de 112,5%. A área do Estado que fazia anteriormente parte da região era

de 27,2%, tendo aumentado para 51,7%. Na Paraíba estão incluídos 170 dos 223 municípios (76,2%), sendo que nenhum novo foi incluído nessa nova classificação (MI-SPDR, 2005).



Figura 2. Nordeste Brasileiro destacando a nova delimitação do semi-árido brasileiro. Fonte MI-SPDR, 2005

O NEB, do ponto de vista climático, caracteriza-se por apresentar substanciais variações temporal e espacial da precipitação pluvial. Assim sendo, em termos de pluviosidade, anos com altos índices de pluviometria podem causar prejuízos às atividades agrícolas, iguais ou superiores àqueles de anos considerados secos. Por isso, estudos da precipitação pluvial têm sido desenvolvidos para a previsão de índices pluviométricos com um nível de 80% de confiabilidade, o que viabilizaria o seu uso prático (Nobre, 1996; Nobre *et al.* 2001).

Para o NEB as grandes variações pluviométricas interanuais estão associadas às interações oceano-atmosfera, como as oscilações de TSM sobre os oceanos tropicais, as quais influenciam a posição e a intensidade da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o Oceano Atlântico, alterando a pluviosidade sobre o Norte do Nordeste (NNE) e o Planalto da Borborema (Repelli e Nobre, 1996; Nobre e Melo, 2001; Nobre *et al.* 2001).

Menezes *et al.* (2003a) destacaram ainda que além da variabilidade interanual, o NEB apresenta uma variabilidade intra-sazonal, com pelo menos três regimes de precipitação para três áreas distintas, sendo uma mais ao Norte, onde as precipitações significativas ocorrem no bimestre março-abril, outra representando o litoral Leste do Nordeste (LNE) que se estende desde o Rio Grande do Norte até o Sul da Bahia, com período chuvoso entre maio e julho, e uma terceira região que tem máximos de precipitação nos meses de novembro e dezembro localizados em grande parte da Bahia.

Dentre os fenômenos atmosféricos que afetam a variabilidade intra-sazonal e interanual das chuvas sobre o NEB estão os sistemas transientes como Oscilação de 30-60 dias, Vórtices Ciclônicos da Alta Troposfera (VCAT), Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL), Linha de Instabilidade (LI) associadas à brisa marítima, assim como instabilidades termodinâmicas locais induzidas por aquecimento diferencial da superfície, convergência de umidade e convecção. As precipitações no NEB também podem sofrer influências de outros fenômenos tais como o El Niño-Oscilação Sul (ENOS), os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e banda de nuvens associadas a Frentes Frias (FF). Tais fenômenos contribuem para modular a distribuição temporal da pluviometria sobre a Região, ocasionando períodos de estiagem intercalados por ocorrências de precipitações mais abundantes (Oliveira, 1999; Menezes *et al.* 2003b).

Os Distúrbios Ondulatórios de Leste são freqüentemente relacionados com precipitações no LNE entre maio e agosto, os VCAT que atuam entre outubro e abril estão associados com os maiores volumes de chuva registrados, principalmente em janeiro, caracterizado como o mês de maior ocorrência destes sistemas (Kousky & Cavalcanti, 1984; Uvo, 1989; Mello *et al.* 1992).

Para Kessler (2001) a Oscilação de Madden e Julian (OMJ) é o mais expressivo modo de variabilidade nos trópicos em escala de tempo menor que uma estação do ano. Ela é o resultado da organização de grande escala da convecção das regiões do Oceano Índico, Indonésia e Pacífico Oeste que se propaga para Leste por toda faixa tropical.

Iness *et al.* (2003) associaram às convecções observadas as anomalias nos campos de ventos de baixos e altos níveis troposféricos, com convergência dentro da região de convecção e divergência fora dela nos baixos níveis, produzindo anomalias de pressão à superfície, de precipitação e de radiação entre outras variáveis meteorológicas.

No estudo de Da Silva (2005) a classificação dos mecanismos dinâmicos que produzem chuvas no NEB foi dividida em grande escala, responsáveis em geral pela maior parte da precipitação observada, e meso e microescalas, que completam os totais observados. Na grande escala, destacam-se os sistemas frontais, associados à ZCAS, VCAT e a ZCIT. Na mesoescala as Perturbações Ondulatórias no Campo dos Ventos Alísios (POAS), os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) e as brisas marítima e terrestre. Para a microescala os principais fenômenos que atuam no NEB são as circulações orográficas e as pequenas células convectivas.

Molion e Bernardo (2002) sugeriram que a variabilidade interanual da distribuição de chuvas no NEB, tanto nas escalas espacial quanto temporal, relaciona-se às mudanças nas

configurações de circulação atmosférica de grande escala e com a interação oceano-atmosfera no Pacífico e no Atlântico tropicais.

O ENOS é um dos principais fenômenos remotos responsáveis por extremos climáticos no NEB. Esta conexão se processa através da circulação atmosférica, de modo que uma circulação de Walker anormalmente deslocada para Leste com seu ramo ascendente sobre o Pacífico Equatorial Leste e descendente sobre o Atlântico Tropical, explica as secas no NEB relacionadas a eventos de ENOS (Hastenrath, 1976; Kousky *et al.* 1984; Ropelewski e Halpert, 1987; Kayano *et al.* 1988; Rao e Hada, 1990).

As configurações anômalas da circulação atmosférica, TSM e precipitação (em particular sobre o NEB) são aproximadamente invertidas durante os eventos de La Niña (LN) (Kousky e Ropelewski, 1989).

2.2. A precipitação pluvial no Estado da Paraíba

A Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA) é o órgão responsável pelas informações da precipitação pluvial na Paraíba, desde o início da década de 1990, no então denominado Laboratório de Meteorologia, Recursos Hídricos e Sensoriamento Remoto (LMRS). São registradas as medidas das precipitações diárias, mensais, e anuais para 253 postos pluviométricos distribuídos nos 223 municípios paraibanos. Com as análises dos dados, o Estado foi dividido em três mesorregiões como períodos com pluviosidades semelhantes, denominadas: Litoral-Agreste; Cariri-Curimataú e Sertão (Silva *et al.* 2004b).

Em meados do século XX Guerra (1955) foi um dos pioneiros na análise da variabilidade espacial da precipitação na Paraíba. Brito *et al.* (2004) destacaram que foi Freise (1938) o precursor das análises de variabilidade temporal da precipitação pluvial.

Alcântara *et al.* (2005a) enfatizaram a ocorrência de períodos mais chuvosos de até quatro meses (quadras chuvosas), e estações secas, de até nove meses, caracterizando que em média a precipitação na Paraíba é bastante variável espacialmente com valores entre 250 e 2000 mm ano⁻¹.

A Paraíba foi dividida por Braga e Silva (1990) em cinco microrregiões pluviometricamente homogêneas, da seguinte maneira; 1 Litoral/Brejo/Agreste; 2 Cariri; 3 Curimataú; 4 Sertão; e 5 Alto Sertão.

Estudando as informações pluviométricas das cidades de Taperoá, Campina Grande e João Pessoa na Paraíba, Nóbrega *et al.* (2005) definiram que estação chuvosa iniciava-se no meio do ano para as duas primeiras localidades, e a partir do mês de junho para a Capital do Estado, devido à influência de DOL e LI.

2.3. Principais culturas implantadas na Paraíba

As grandes culturas são normalmente praticadas em regime de sequeiro, o que as faz depender exclusivamente das precipitações pluviais. Os cultivos irrigados ainda são minoria, principalmente no que diz respeito a grandes áreas. Com isso, a atividade agrícola torna-se exclusivamente sazonal, sendo praticada principalmente na época das chuvas (Sousa e Frizzone, 1997).

Em 2005 a Paraíba ocupou lugar de destaque na produção nacional de algumas culturas agrícolas. Entre diversas culturas plantadas no Estado, a cana-de-açúcar, o algodão, o

feijão, o milho, a fava, têm uma importância considerável na economia local, e duas culturas destacam-se na produção nacional, que são o Abacaxi e o Sisal.

Entre as culturas agrícolas destacadas foram analisadas nesse trabalho a Cana-de-açúcar, o Algodão, o Abacaxi e o Sisal), a Paraíba foi responsável em 2005 por 4,975 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, representando 1,2% da produção nacional desta cultura. Também produziu 7087 toneladas de algodão herbáceo, que significaram 0,2% do total de algodão produzido no Brasil que atingiu cerca de 3,7 milhões de toneladas. Fonte IBGE (2005).

2.3.1. Abacaxi

O abacaxizeiro é classificado como *Ananas comosus* (L, Merrill), *Bromeliaceae*, *Monocotyledonae*; os indígenas brasileiros chamavam-no de *ibacati* (fruta cheirosa). Planta perene, arbusto baixo, tem raízes profundas pequenas que alcançam até 15 cm de profundidade, caule (haste) com gemas (cicatrices de folhas) que garantem a reprodução da planta. Folhas planas, esverdeadas, com parte superior em calha, dispostas em espiral em torno da haste central que, no término do desenvolvimento, dá origem a 150 a 200 flores brancas ou branco-roxas em espigas. Estas originam 100 a 200 frutos pequenos (bagas), com pontas na casca, colados entre si e dispostos em torno do eixo central (coração). O fruto inteiro (infrutescência) tem forma cilíndrica ou cônica (frutos maiores na base), com rebentos na base e coroa de folhas no ápice. A polpa do fruto é suculenta, aromática, saborosa, com leve acidez, cor amarela ou amarelo-pálida (branca). É rica em açúcares, sais minerais (cálcio, fósforo, magnésio, potássio, sódio, cobre, iodo) e em vitaminas (C, A, B₁, B₂, Niacina); 100 g de polpa contêm 52 calorias (Epstein, 1999).

Dentre as variedades, a mais cultivada é a *Smoth Cayenne*, por suas características agroindustriais. Esta variedade tem porte baixo, folha verde-escuro com cerca de 1 m de comprimento, fruto grande, forma cilíndrica com até 2,5 kg de peso, com 9-10 rebentos na base, com polpa amarela. Sensível às doenças fusariose e fasciação. Outra variedade bastante cultivada é a *Pérola*, planta de crescimento ereto, folhas com 65 cm de comprimento e fruto cilíndrico (levemente cônico no ápice) com cor verde-amarelada, 3 a 8 rebentos na base, polpa amarelo-pálida com baixa acidez. Sensível a fusariose e a fasciação. Há também a variedade *Perolera* que é uma planta com folhas verde-escuras sem espinhos, fruto com peso médio de 1,78 kg, forma cilíndrica, cor externa amarela, polpa amarela. Apresenta resistência à fusariose e menor sensibilidade à fasciação. Dentre as variedades produzidas no Brasil, existe também a *Primavera* que apresenta uns frutos cilíndricos, pesando cerca de 1,25 kg, com polpa branca e folhas verde-claro sem espinhos. Apresenta resistência a fusariose e menor sensibilidade a fasciação (Epstein, 1999).

No Brasil, são encontrados plantios comerciais em todo o território nacional, sendo o Nordeste uma das regiões com significativa produção. Originário das Américas o abacaxizeiro é cultivado na Ásia, na África e nas Américas. Destacam-se como países produtores a Tailândia, Filipinas, Brasil, China e Índia

Como para todas as culturas agrícolas, o clima tem grande influência sobre crescimento, desenvolvimento e produção do abacaxizeiro; a temperatura média anual mais adequada varia em torno de 24°C (limites em 21°C e 32°C). A planta requer temperaturas altas, 29 a 30°C, para produção de raízes e folhas.

Na produção de Abacaxi em 2005, a Paraíba foi responsável por 325,6 milhões de frutos, equivalentes a 21,3% do total produzido no Brasil, seguida pelo Pará (17,5%) e Minas Gerais (14,6%), sendo o restante distribuído pelos outros Estados (46,6%) (Figura 3). No ano

de 2006, a produção paraibana de abacaxi atingiu os 340 milhões de frutos, porém os dados oficiais ainda não foram liberados pelo IBGE.

Produção de Abacaxi em 2005

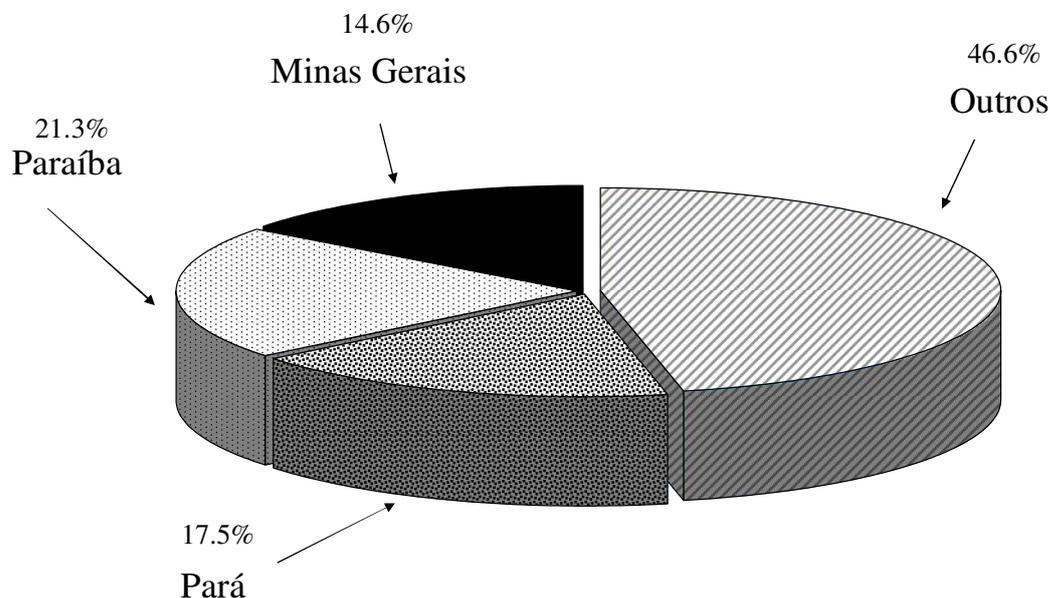


Figura 3. Principais Estados produtores de Abacaxi no Brasil no ano de 2005, destacando-se a participação da Paraíba. Fonte IBGE.

2.3.2. Sisal ou Agave

O agave é uma planta originária do continente norte-americano e das Ilhas Caraíbas. Suas propriedades são conhecidas desde as épocas mais remotas pelos primitivos habitantes do México, que não só utilizavam suas preciosas fibras para fabricação de diversos utensílios como tapetes, redes, cordas, etc., mas também, e principalmente, como fonte natural de alimentos. Devido a sua facilidade de aclimação, a agave foi levada do México para outras partes do mundo, passando a ser comercialmente cultivada, das 310 espécies existentes no continente americano, 272 encontram-se no México, que por isso mesmo é considerado o

país de origem desse vegetal. Sua utilização remonta aos tempos pré-hispânicos. (Orellana, 1985).

O Brasil é o maior produtor mundial de sisal (fibra extraída do agave), com uma produção anual de cerca de 207 mil toneladas em 2005. O sisal é utilizado na confecção de cordas, tapetes, sacos, vassouras, artesanato, acessórios e também como componente automobilístico (CNP/EMBRAPA, 1997; IBGE, 2005).

Implantada e desenvolvida no Nordeste, segundo a emergência de lucros fáceis e compensadores, essa cultura chegou a ser considerada um destaque na pauta de exportações durante muitos anos. No período de 1943 até 1976 a Paraíba foi o maior produtor e exportador de sisal, perdendo essa liderança posteriormente para a Bahia. As primeiras mudas de sisal introduzidas na Paraíba foram trazidas da Bahia pelo engenheiro J.V.Júnior, então diretor do campo de demonstração do município de Cruz do Espírito Santo. Essa cultura foi inicialmente plantada na região do Brejo, passando em seguida para a Caatinga Litorânea e depois para os Cariris. Mas foi somente por volta de 1939 que o interesse por essa planta se generalizou, passando da Paraíba e Bahia para outros Estados do Nordeste (APROSICS, 1997).

O sisal tem grande importância para a economia agrícola paraibana, constituindo-se num dos principais produtos da pauta de exportações. Destaca-se também pela capacidade de geração de empregos, por meio de uma cadeia de serviços que abrange, desde os trabalhos de manutenção das lavouras (baseados na mão-de-obra familiar), a extração e o processamento da fibra para o beneficiamento, até as atividades de industrialização de diversos produtos, bem como seu uso para fins artesanais (Oashi, 1999).

Para a produção de Sisal em 2005, a Paraíba foi responsável por 8766 toneladas, representando 4,2% do total nacional. Para essa cultura a Paraíba ficou em segundo lugar

entre os produtores brasileiros, atrás apenas da Bahia o maior produtor do Brasil com 94% do total, e a frente do Rio Grande do Norte que produziu 1,5% do sisal brasileiro. (Figura 4).

Produção de Sisal em 2005

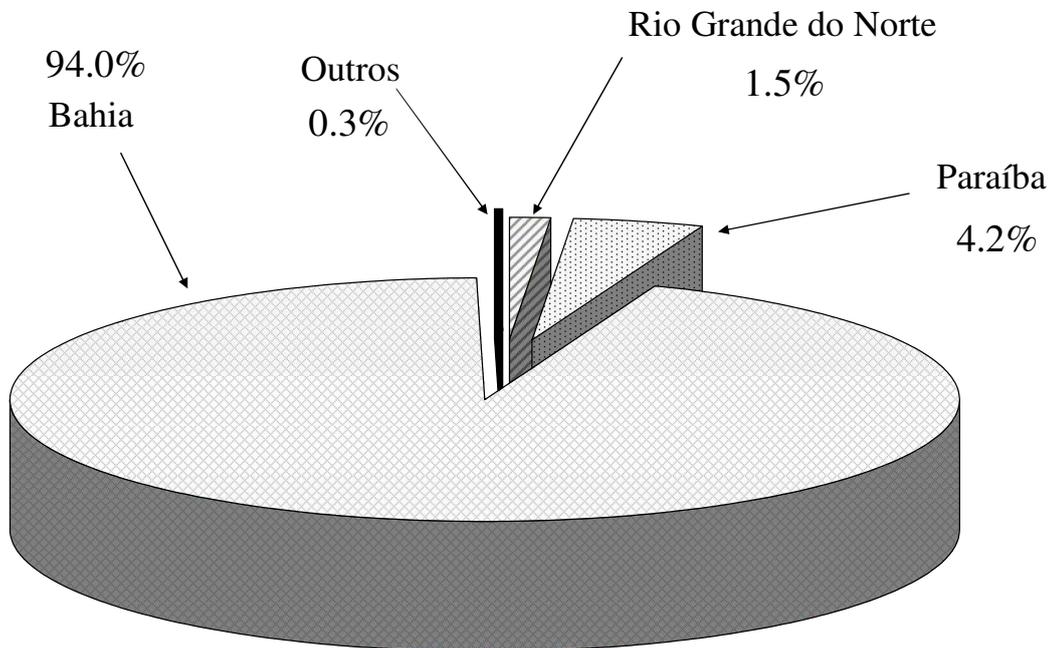


Figura 4. Principais Estados produtores de Sisal no Brasil no ano de 2005, destacando-se a participação da Paraíba. Fonte IBGE.

2.3.3. Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar foi introduzida no Brasil no século XVI, logo após o descobrimento, em 1502 e, devido às condições climáticas e pedológicas favoráveis, os engenhos se expandiram pelo litoral do país, tornando-o, em pouco mais de cinquenta anos após a sua introdução, o maior produtor mundial de açúcar proveniente da cana-de-açúcar (Cintra *et al.*, 2004).

No Brasil, a cana-de-açúcar é cultivada em vários tipos de solos que estão sob influência de diferentes climas, o que resulta em vários tipos de ambientes para a produção desta cultura. Considerando os aspectos climáticos, destacaram a influência de vários fatores na produção e maturação da cultura da cana-de-açúcar, sendo os principais a interação edafoclimática, o manejo da cultura e a cultivar escolhida. Nesse sentido, os fatores que interferem na produção e qualidade da cana-de-açúcar, estão sendo constantemente estudados sob diferentes aspectos. Estudar a cultura no seu ambiente de desenvolvimento pode gerar uma enorme quantidade de informações, adequando o melhor manejo e cultivar para os ambientes específicos (Dias *et al.*, 2005).

À exceção de locais que utilizam irrigação para fornecimento de água às culturas, a disponibilidade de água é regida pela distribuição da chuva e pelo potencial de armazenamento de água no solo, que é condicionado pela sua capacidade de retenção e drenagem. Por sua vez, a capacidade de retenção de água num solo é bastante variada, dependendo do tipo de material e da forma e quantidade de poros do mesmo, enquanto que a drenagem é função da porosidade e altura do lençol freático. A disponibilidade de água, como já foi ressaltado, é um fator de relevância na maximização de ganhos de produtividade agrícola, desempenhando um papel fundamental na vida da planta, participando de uma série de reações químicas, inclusive da fotossíntese e permitindo a difusão e fluxo de massa, no geral os sais, os açúcares e outros solutos se movimentam entre as células e órgãos, além de permitir a abertura e fechamento dos estômatos (Ferraz, 1983).

A baixa produtividade da cana-de-açúcar no Nordeste do Brasil, tem como causas: a utilização de terras de baixa fertilidade; o pouco uso de insumos; a utilização de variedades ou cultivares sem se considerar a finalidade para a qual estas foram concebidas utilização de terras com baixa aptidão agrícola para ser explorada pela cultura e utilização da exploração

em agricultura dependente de chuvas naturais. Os efeitos da agricultura de sequeiro na exploração da cana-de-açúcar, além do baixo rendimento, pode ser observado também a formação de internódios menores, justamente no período em que a cultura esteve sob estresse hídrico, aquele em que as precipitações pluviométricas, não ocorrem. Toda cultura plantada em sistema de sequeiro, depende inevitavelmente da quantidade, da distribuição e da intensidade das chuvas. Com isso, a produtividade nesse sistema, é absolutamente dependente das interações entre suas fases fenológicas e as variações do tempo e do clima (Dias *et al.*, 1997).

Silva *et al.* (2003) trabalhando com produtividade de gramíneas no município de Guarabira, PB, observaram que o período correspondente à primavera tem menor capacidade produtiva de fitomassa fresca e seca, conseqüência dos baixos valores de precipitação pluvial. Observaram ainda que a adubação mineral com Nitrogênio, Fósforo e Potássio (NPK) realizada no período das chuvas proporcionou aumento na produtividade de fitomassa. Entretanto, no período de estresse hídrico, com baixíssimas precipitações, não ocorreram diferenças entre os tratamentos com e sem adubação.

2.3.4. Algodão herbáceo

O algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.R. *latifolium* Hutch.) é uma planta de origem tropical, também explorada comercialmente em países subtropicais. Mais de dois terços da produção mundial provêm de locais ao norte da latitude 30° N, onde se localizam os três maiores produtores, Estados Unidos, Comunidade Européia e China. Cultivado no regime de sequeiro destaca-se como importante produto para a região Nordeste do Brasil , em especial para os pequenos e médios produtores, tendo assim importância social e econômica

muito elevada para o agronegócio nordestino. O algodão é um produto que tem mercado garantido dentro da própria região Nordeste e não é perecível o que se constitui em uma grande vantagem para o produtor. Neste sistema de produção são evidenciados os passos tecnológicos para a cultura do algodão para o pequeno produtor desta cultura em condições de sequeiro (dependente de chuvas) na região Nordeste. As cultivares desenvolvidas pela EMBRAPA ALGODÃO, para as condições do semi-árido do Nordeste brasileiro, já atingem o total de 18 cultivares, dentre as quais temos as BR1, CNPA 2H, CNPA Precoce 1, CNPA 3H, CNPA Acala 1, CNPA 6H, CNPA Giorgi 1, CNPA 7H, CNPA Precoce 2, CNPA Precoce 3 (BRS 186), CNPA 8H (BRS 187), BRS 200 (Marrom), BRS 201 E A CNPA 7MH. As principais cultivares recomendadas para cultivo no semi-árido nordestino são CNPA 7H, BRS 186, BRS 187, BRS 201 (Araújo, 2006).

Para se ter sucesso na exploração do algodoeiro herbáceo, deve prevalecer condições climáticas que permitam à planta, em seus diferentes estádios fenológicos, crescer e se desenvolver, principalmente, com relação às condições térmicas e hídricas, o algodão é uma cultura que não necessita de grandes volumes de água durante seu ciclo. A época de plantio varia de acordo com a região concentrando-se, no Nordeste, de novembro a maio. O teor de umidade do solo é de grande significação no momento do plantio, por facilitar as operações com o solo, favorecer a germinação das sementes e o desenvolvimento inicial das plantas, e ainda formar um “*stand*” adequado, razão por que se recomenda o plantio nas primeiras chuvas. Durante o plantio o solo não deve estar encharcado mas deve estar com temperatura entre 24° e 28°C. Tempo chuvoso, com sol encoberto e temperatura abaixo de 20°C é prejudicial, dificultando a germinação. O sulcamento ou as covas devem seguir as curvas do terreno, em função da declividade, para evitar erosão. Deve-se, também, observar o espaçamento correto. (Amorim Neto *et al.*, 1999).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

Para estudar as relações entre precipitação pluvial e a produtividade agrícola em algumas microrregiões do Estado da Paraíba, foram utilizadas séries temporais de 1975 a 2005 de precipitação pluvial, informações da produção agrícola no período de 1990 a 2005, das seguintes culturas; cana-de-açúcar, abacaxi, algodão, sisal, na área de estudo.

O conjunto de dados utilizados neste trabalho consiste de séries mensais de precipitação de 64 postos pluviométricos localizados no estado da Paraíba, da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), pertencentes ao acervo da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs). As séries têm trinta anos de dados, no período de 1975 a 2005, com exceção do ano de 1992, por não serem dados confiáveis.

Os anos de ocorrência de eventos de El Niño - Oscilação Sul (ENOS) foram classificados de acordo com as anomalias normalizadas do índice de Oscilação Sul (IOS). Na fase quente do ENOS, o valor de IOS de moderados a fortes e suas respectivas intensidades

foram obtidos através do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

3.2. Métodos

A avaliação da variabilidade climática ao longo do tempo em uma determinada região pode mostrar a ocorrência de alterações contínuas ou cíclicas bem demarcadas dos elementos meteorológicos, como as chuvas e as temperaturas, em associação com a produção agrícola de várias culturas. No desenvolvimento deste estudo, foram calculadas correlações simples e utilizada técnica estatística de regressão linear simples (Rao e Hada, 1990; Rao *et al.*, 1993; Rao *et al.*, 1997), visando analisar a relação entre precipitação pluvial com produtividade agrícola das seguintes culturas; cana-de-açúcar, abacaxi, algodão, sisal.

Neste trabalho foi considerado como período chuvoso o conjunto dos sete meses com os maiores totais de precipitação pluvial. Dentro deste período, foram divididas duas épocas distintas; a pré-estação chuvosa, que é representada pelos três meses iniciais do período chuvoso, e a estação (quadra) chuvosa que são os quatro meses restantes do período chuvoso. Utilizou-se seis microrregiões pluviometricamente homogêneas determinadas para a Paraíba, a saber: Litoral, Brejo, Agreste, Cariri/Curimataú, Sertão e Alto Sertão, apresentaram diferentes épocas de pré-estação e estação chuvosa conforme (Tabela 1).

Tabela 1. Precipitação média da pré-estação chuvosa, estação chuvosa, e total anual (mm) para as 6 microrregiões pluviometricamente homogêneas da Paraíba, no período de 1975 a 2005

Microrregiões	Litoral	Brejo	Agreste	Cariri/Curimataú	Sertão	Alto Sertão
Pré-estação Chuvosa	Fevereiro a Abril			Novembro a Janeiro		
Estação chuvosa	Maio a Agosto			Fevereiro a Maio		
Precipitação da Pré-estação	450,0 ± 175,3	377,7 ± 160,1	260,3 ± 134,2	62,3 ± 59,4	124,6 ± 84,8	202,2 ± 101,7
Precipitação da estação chuvosa	765,8 ± 285,3	548,3 ± 161,6	364,1 ± 115,3	265,4 ± 158,7	461,1 ± 199,0	566,1 ± 179,5
Precipitação Anual	1468,0 ± 429,2	1123,5 ± 321,4	728,1 ± 238,5	467,6 ± 209,0	730,4 ± 290,4	924,9 ± 296,5

3.3. Microrregiões pluviometricamente homogêneas da Paraíba

A divisão da Paraíba em seis microrregiões homogêneas, Litoral, Brejo, Agreste, Cariri/Curimataú, Sertão e Alto Sertão, sua distribuição geográfica é mostrada na Figura 5 (Silva *et al.*, 2004).

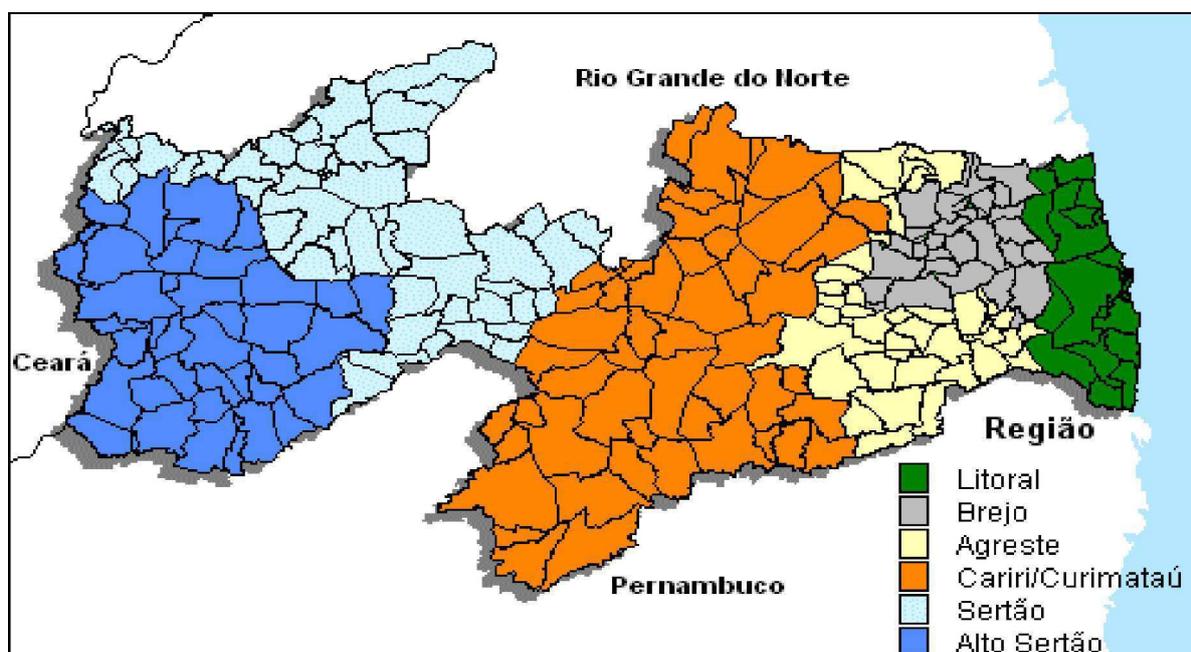


Figura 5. Localização geográfica das microrregiões pluviometricamente homogêneas do estado Paraíba. Fonte: Silva *et al.* (2004)

As Tabelas 2, 3, 4, 5, 6, e 7 mostram os postos pluviométricos utilizados para analisar a pré-estação chuvosa nas microrregiões do Litoral, Brejo, Agreste, Cariri/Curimataú, Sertão e Alto Sertão respectivamente, da Paraíba.

Pela falta de disponibilidade de dados, foram utilizados apenas os postos de Alhandra, Cruz do Espírito Santo e Mamanguape, representando a microrregião do Litoral paraibano (Tabela 2). É a que apresentou o maior total médio anual de precipitação, com aproximadamente 1500 mm.

Tabela 2. Postos pluviométricos e suas respectivas localizações geográficas na microrregião do Litoral da Paraíba

Posto	Latitude (°S)	Longitude (°W)	Altitude (m)
Alhandra	7,43	34,92	49
Cruz do Espírito Santo	7,15	35,08	20
Mamanguape	6,83	35,12	54

A microrregião do Brejo apresentou um total médio anual de precipitação ($1123,5 \pm 321,4$ mm), cerca de 76,5% da precipitação da microrregião do Litoral, com mesma estação chuvosa do Litoral. Enquanto o total médio de precipitação da estação chuvosa foi de 52,2% do total médio anual para o Litoral, no Brejo as chuvas da estação chuvosa corresponderam a 33,6% do total anual. Os postos pluviométricos que compõem a microrregião do Brejo constam na Tabela 3.

Tabela 3. Postos pluviométricos e suas respectivas localizações geográficas para a microrregião do Brejo da Paraíba.

Posto	Latitude (°S)	Longitude (°W)	Altitude (m)
Alagoa Grande	7,05	35,63	143
Alagoa Nova	7,07	35,78	530
Araçagi	6,85	35,37	57
Areia	6,97	35,71	618
Bananeiras	6,77	35,63	520
Caiçara	6,62	35,47	105
Sapé	7,10	35,23	123
Serraria	6,82	35,63	533

A microrregião do Agreste é diferenciada do Brejo e Litoral, apesar de apresentar a mesma época de estação chuvosa, ela apresenta total de precipitação anual bastante inferior, com precipitação anual média de $728,1 \pm 238,5$ mm, aproximadamente 65 % da precipitação da microrregião do Brejo e 49,6 % da precipitação da microrregião do Litoral. A precipitação da estação chuvosa representa cerca de 50% do total médio anual. Os postos pluviométricos da microrregião do Agreste e suas respectivas posições geográficas se encontram na Tabela 4.

Tabela 4. Postos pluviométricos e suas respectivas localizações geográficas para a microrregião do Agreste da Paraíba.

Posto	Latitude (°S)	Longitude (°W)	Altitude (m)
Acaú	7,12	35,35	146
Araruna	6,52	35,73	570
Aroeiras	7,52	35,68	363
Cacimba de Dentro	6,63	35,79	536
Fagundes	7,35	35,80	505
Pilar	7,27	35,26	35
Salgado	6,78	35,88	400
Umbuzeiro	7,69	35,66	541

Os postos pluviométricos usados com base na caracterização da microrregião do Cariri/Curimataú estão listados na Tabela 5. A estação chuvosa desta microrregião é no período de fevereiro a maio, e é a que apresenta o menor total médio anual de precipitação, que é de apenas $467,6 \pm 209,0$ mm (Tabela 1), deste montante 56,7% do total médio anual ocorrem durante a estação chuvosa.

Tabela 5. Postos pluviométricos e suas respectivas localizações geográficas para a microrregião do Cariri/Curimataú da Paraíba.

Posto	Latitude (°S)	Longitude (°W)	Altitude (m)
Barra de Santana	7,52	35,99	350
Cabaceiras	7,49	36,28	388
Camalaú	7,89	36,82	521
Caraúbas	7,72	36,49	460
Coxixola	7,63	36,60	500
Gurjão	7,25	36,48	491
Olivedos	6,99	36,24	559
Pedra Lavrada	6,75	36,46	516
Pocinhos	7,08	36,05	646
Prata	7,69	37,08	577
Riacho de Santo Antonio	7,69	36,15	455
Salgadinho	7,10	36,84	420
Santa Maria da Paraíba	8,10	36,64	683
Seridó	6,85	36,41	631
Soledade	7,06	36,36	521
Sossego	6,76	36,24	600
São João do Tigre	8,08	36,84	577
São José dos Cordeiros	7,39	36,80	527
São Sebastião do Umbuzeiro	8,15	37,01	594

Apesar da microrregião do Sertão apresentar a mesma época da estação chuvosa do Cariri/Curimataú (fevereiro a maio), ela é caracterizada por ter total pluviométrico anual médio superior a microrregião do Cariri/Curimataú com aproximadamente $730,4 \pm 290,4$ mm de chuva, semelhante ao observado para a microrregião do Agreste (Tabela 1). Embora os totais médios anuais sejam próximos, a estação chuvosa da microrregião do Sertão se verifica

de fevereiro a maio e a do Agreste é de maio a agosto. A precipitação da estação chuvosa no Sertão corresponde a mais de 63,2% do total médio anual, enquanto no Agreste é de 50%. Os postos pluviométricos que delimitam a microrregião do Sertão são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Postos pluviométricos e suas localizações geográficas para a microrregião do Sertão da Paraíba.

Posto	Latitude (°S)	Longitude (°W)	Altitude (m)
Água Branca	7,52	37,64	735
Brejo do Cruz	6,35	37,50	199
Imaculada	7,38	37,50	750
Jenipapeiro dos Carreiros	6,47	35,55	190
Jericó	6,55	37,82	215
Mãe D'água	7,25	37,43	370
Malta	6,90	37,52	257
Passagem	7,14	37,04	305
São Francisco	6,62	38,09	280
São Mamede	6,92	37,10	270
Santa Luzia	6,87	36,93	290
Santa Terezinha	7,08	37,45	380
Uiraúna	6,52	38,42	300

A microrregião do Alto Sertão apresenta estação chuvosa de fevereiro a maio, e total anual médio de precipitação de $924,9 \pm 296,5$ mm, sendo que 61,2% deste valor é atribuído a precipitação da estação chuvosa (Tabela 1).

Tabela 7. Postos pluviométricos e suas respectivas localizações geográficas para a microrregião do Alto Sertão da Paraíba.

Posto	Latitude (°S)	Longitude (°W)	Altitude (m)
Aguiar	7,09	38,17	262
Bonito de Santa Fé	7,31	38,51	593
Cajazeiras	6,89	38,54	298
Conceição	7,55	38,51	376
Ibiara	7,49	38,40	341
Juru	7,55	37,81	580
Manaíra	7,71	38,15	757
Nazarezinho	6,92	38,32	272
Olho D água	7,23	37,75	267
Princesa Isabel	7,73	37,99	683
São João do Rio do Peixe	6,72	38,45	245
São José da Lagoa Tapada	6,94	38,16	257
São José de Piranhas	7,11	38,49	342
Santana dos Garrotes	7,38	37,98	322
Serra Grande	7,21	38,37	593

A Figura 6 apresenta a distribuição espacial dos postos (estações) pluviométricos do estado da Paraíba utilizados neste estudo.

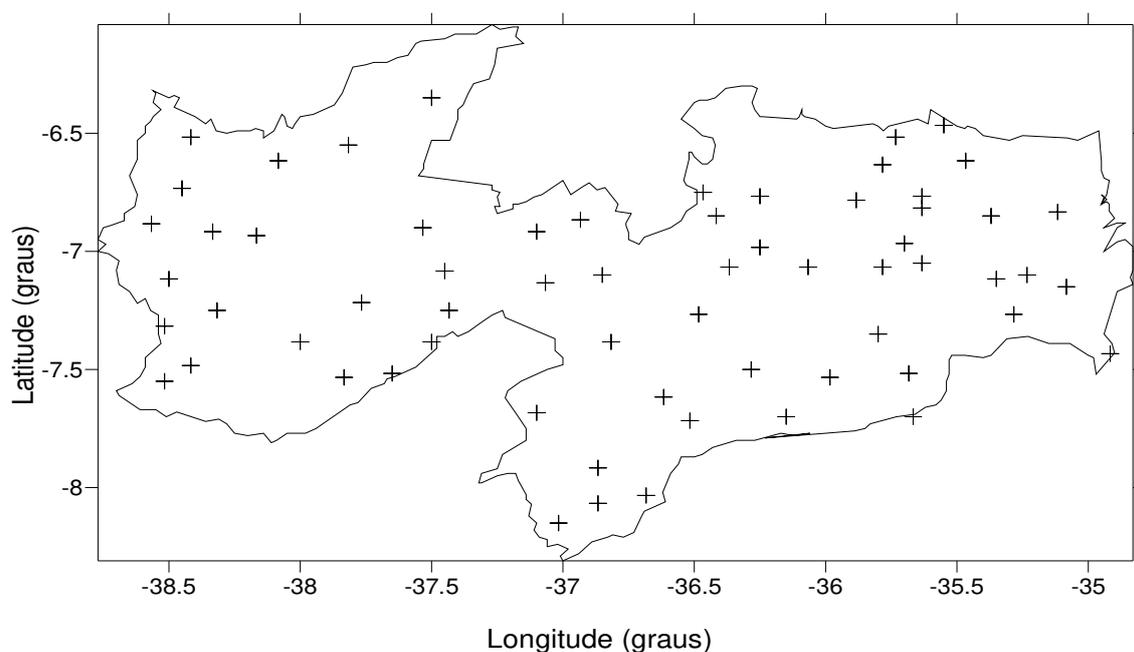


Figura 6. Distribuição espacial dos postos (estações) pluviométricos do estado da Paraíba utilizados neste estudo.

A Tabela 8 apresenta os eventos de El Niño – Oscilação Sul (ENOS) e La Niña bem como sua intensidade que ocorreram no período de 1975 a 2005.

Tabela 8. Ocorrência de eventos de El Niño – Oscilação Sul (ENOS) durante o período de 1975 a 2005. Fonte INPE/CPTEC, 2005

Ocorrência de El Niño	Ocorrência de La Niña
1976 – 1977*	1974-1975***
1977 – 1978*	1975 – 1976***
1979 – 1980*	1983 – 1984*
1982 – 1983***	1984 – 1985*
1986 – 1987**	1988 – 1989***
1987 – 1988**	1995 – 1996*
1990 – 1991***	1998 – 1999**
1991 – 1992***	1999-2000**
1992 – 1993***	2000-2001**
1994 – 1995**	
1997 – 1998***	
2002-2003*	

*evento fraco, **evento moderado, ***evento forte.

As correlações foram obtidas pelas equações de regressões lineares simples, ou seja, calculou-se o coeficiente de correlação linear (r) entre as precipitações da pré-estação chuvosa e o período chuvoso, enquanto que equações de regressões polinomiais de terceira ordem foram utilizadas entre as precipitações pré-estação chuvosa e do período chuvoso com a produtividade agrícola de cada microrregião da Paraíba.

O valor de r foi calculado de acordo com Spiegel (1977), Bussab e Morettin (1987) e Morettin (1991) pela expressão:

$$r = \pm \sqrt{\frac{\text{variação explicada}}{\text{variação total}}} \quad (1)$$

$$r = \frac{N \Sigma XY - (\Sigma X) (\Sigma Y)}{\sqrt{[N \Sigma X^2 - (\Sigma X)^2][N \Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2]}} \quad (2)$$

Em que, r é o coeficiente de correlação entre as variáveis; X e Y são as variáveis consideradas; N é o tamanho da amostra.

Por outro lado, um valor qualquer de um coeficiente de correlação, para uma base de dados pequena, não é garantia de que as variáveis envolvidas realmente estejam correlacionadas. Portanto, antes de tirar qualquer conclusão sobre os valores estimados dos coeficientes de correlação foi necessária a aplicação de um teste estatístico para conhecer o grau real de ligação entre as variáveis analisadas. Neste trabalho optou-se pela utilização do teste estatístico *t de Student*, por ser um teste de fácil aplicação e mundialmente aceito como um teste eficiente no cômputo da significância estatística de coeficiente de correlação, com os seguintes valores do parâmetro t :

$$t = \frac{r \sqrt{N-2}}{\sqrt{1-r^2}} \quad (3)$$

Em que: t é o valor tabelado; r é o coeficiente de correlação entre as variáveis (X e Y); N é o tamanho da amostra; $(N - 2)$ corresponde ao grau de liberdade da amostra.

A partir da Equação 3 foi extraído o coeficiente de correlação crítico (r_c), que é um valor para o qual aceita ou não a hipótese estatística, onde r_c é dado por:

$$r_c = \sqrt{\frac{t^2}{(N-2) + t^2}} \quad (4)$$

Para a correlação entre os meses da pré-estação chuvosa e o período chuvoso de cada microrregião, $N = 30$, ou seja, 30 anos de dados e, $N - 2 = 28$, que é o grau de liberdade. Então os valores de t e r_c são: para 99% de significância, ou seja, com erro de 1% ($\alpha = 0,01$), $t = 2,750$; $r_c = 0,461$; para 95% de significância, ou seja, com erro de 5% ($\alpha = 0,05$), $t = 2,042$; $r_c = 0,360$.

Para a correlação entre o período chuvoso e a produtividade agrícola das culturas, $N = 15$, ou seja, 15 anos de dados e, $N - 2 = 13$, que é o grau de liberdade. Então os valores de t e r_c são: para 99% de significância, ou seja, com erro de 1% ($\alpha = 0,01$), $t = 2,947$; $r_c = 0,632$; para 95% de significância, ou seja, com erro de 5% ($\alpha = 0,05$), $t = 2,131$; $r_c = 0,508$.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Precipitação pluvial nas microrregiões da Paraíba

A precipitação pluvial é a variável meteorológica de maior importância para a agricultura de sequeiro. A quantidade e a distribuição de chuvas são importantes para as culturas, pois a demanda hídrica deve ser considerada para que as plantas apresentem um bom desenvolvimento, que resultará em boa produtividade.

Para as seis microrregiões da Paraíba estudadas neste trabalho, as precipitações pluviais variaram tanto em quantidade como em distribuição geográfica. Para o período de 1975 a 2005, a microrregião do Litoral registrou um total médio anual de $1468,0 \pm 429,2$ mm, sendo este o maior valor entre as áreas analisadas, enquanto que o Cariri/Curimataú registrou um menor valor de precipitação médio anual de $467,6 \pm 209,0$ mm.

A segunda maior precipitação pluvial é registrada na microrregião Brejo com um total médio anual de $1123,5 \pm 321,4$ mm, um valor superior ao registrado no Alto sertão que foi de $924,9 \pm 296,5$ mm ano⁻¹.

As microrregiões do Agreste e do Sertão registraram valores médios muito próximos entre si, $728,1 \pm 238,5$ mm ano⁻¹ e $730,4 \pm 290,4$ mm ano⁻¹, respectivamente, sendo que o Agreste apresenta uma menor variabilidade anual.

As microrregiões do Litoral, Brejo e Agreste tiveram a pré-estação chuvosa nos meses de fevereiro, março e abril, e a estação ou quadra chuvosa nos meses de maio, junho, julho e agosto. Para as microrregiões do Cariri/Curimataú, Sertão e Alto Sertão, a pré-estação chuvosa foi estabelecida nos meses de novembro, dezembro e janeiro, enquanto que a quadra chuvosa foi nos meses de fevereiro, março, abril e maio. Ficou caracterizada a divisão do Estado em duas grandes áreas com períodos chuvosos diferentes, uma a Leste da Serra da Borborema representada pelas microrregiões do Litoral, Brejo e Agreste, e outra a Oeste com as microrregiões do Cariri/Curimataú, Sertão e Alto Sertão. Esses resultados diferem dos propostos por Silva *et al.* (2004) que determinaram períodos chuvosos diferentes. Isto foi devido a utilização de séries temporais de precipitação pluvial com durações distintas.

A precipitação pluvial do Litoral, no período de 1975 a 2005, foi em média, de $450,0 \pm 175,3$ mm e $765,8 \pm 285,3$ mm para a pré-estação chuvosa e a estação chuvosa, respectivamente. O total pluviométrico do período chuvoso (sete meses) nesta microrregião foi de 1215,8 mm, representando 82,8% do total anual de $1468,0 \pm 429,2$ mm, sendo que a pré-estação contribuiu com 37% da precipitação do período chuvoso (Figura 7).

Para a microrregião do Brejo, a precipitação pluvial, no período de 1975 a 2005, foi em média, de $377,7 \pm 160,1$ mm e $548,3 \pm 161,6$ mm, para a pré-estação chuvosa e a estação chuvosa, respectivamente. O período chuvoso, de fevereiro a agosto, para esta microrregião totalizou 926 mm, representando 82,4% do total anual de $1123,5 \pm 321,4$ mm, e a pré-estação representou 40,8% da precipitação pluvial do período chuvoso. Para a microrregião do Agreste com mesmo período de pré-estação chuvosa, o total da precipitação pluvial foi em média, de $260,3 \pm 134,2$ mm e $364,1 \pm 115,3$ mm para a pré-estação chuvosa e a estação chuvosa, respectivamente. O período chuvoso no Agreste totalizou 624,4 mm, representando 85,8% do total anual de $728,1 \pm 238,5$ mm, e com ocorrência na pré-estação de 41,7% da precipitação pluvial do período chuvoso de fevereiro a agosto (Figura 7).

A precipitação pluvial do Cariri/Curimataú, no período de 1975 a 2005, foi em média, de $62,3 \pm 59,4$ mm e $265,4 \pm 158,7$ mm para a pré-estação chuvosa e a estação chuvosa, respectivamente. O período chuvoso (novembro a maio) nesta microrregião foi de 327,7 mm, o qual representou 70,1% do total anual de $467,6 \pm 209,0$ mm, sendo que a pré-estação concentrou 19% da precipitação do período chuvoso. Para a microrregião do Sertão, a precipitação pluvial, no período de 1975 a 2005, foi em média, de $124,6 \pm 84,8$ mm e $461,1 \pm 199,0$ mm, para a pré-estação chuvosa e a estação chuvosa, respectivamente. O período chuvoso desta microrregião acumulou 585,7 mm, representando 80,2% do total anual de $730,4 \pm 290,4$ mm, e a pré-estação contribuiu com 21,3% da precipitação pluvial do período chuvoso. A terceira microrregião com o mesmo período de pré-estação chuvosa, o Alto Sertão, o total da precipitação pluvial foi em média, de $202,2 \pm 101,7$ mm e $566,1 \pm 179,5$ mm para a pré-estação chuvosa e a estação chuvosa, respectivamente. O período chuvoso no Alto Sertão somou 768,3 mm, representando 85,8% do total anual de $924,9 \pm 296,5$ mm, e a pré-estação significou 26,3% da precipitação pluvial do período chuvoso de novembro a maio (Figura 7).

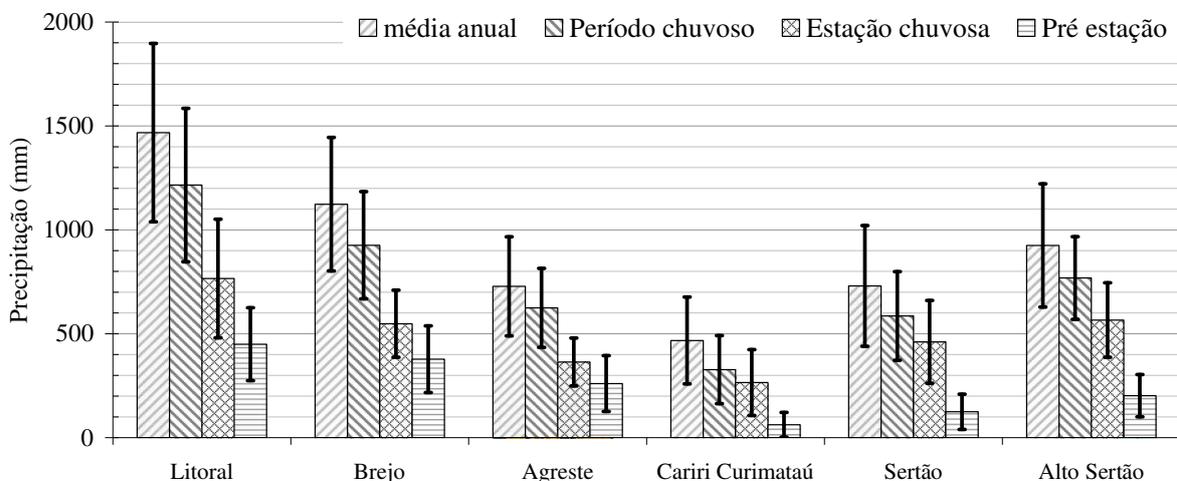


Figura 7. Médias das precipitações (mm) anual, período chuvoso (7 meses), estação chuvosa (4 meses) e pré-estação (3 meses) para as seis microrregiões pluviometricamente homogêneas da Paraíba, no período de 1975 a 2005 e seus respectivos desvios-padrão.

As três microrregiões, Litoral, Brejo e Agreste, localizadas na parte leste da Paraíba, tiveram pré-estações chuvosas (fevereiro, março e abril) representando cerca de 40% das precipitações dos períodos chuvosos (fevereiro a agosto).

As microrregiões do Cariri/Curimataú, Sertão e Alto Sertão, localizadas na parte Oeste da Paraíba, registraram pré-estações chuvosas (novembro, dezembro e janeiro) representando cerca de 20% das precipitações dos períodos chuvosos (novembro a maio).

4.1.1. Precipitação no Litoral

A Figura 8 corresponde aos totais médios mensais da precipitação pluvial para a microrregião do Litoral do estado da Paraíba. Observa-se que o maior volume pluviométrico ocorre em junho, com média de $242,4 \pm 134,2$ mm, estando este mês no meio do trimestre mais chuvoso, tendo sido registrado em maio um total de $205,5 \pm 107,3$ mm e em julho $209,6 \pm 100,5$ mm, estando esses valores em concordância com os encontrados por Menezes *et al.* (2003a). A estação (quadra) chuvosa (maio, junho, julho e agosto) termina no mês de agosto com uma precipitação média de $108,3 \pm 55,1$ mm.

O Litoral paraibano, como destacou Menezes *et al.* (2003a), apresentou o trimestre mais chuvoso entre maio e julho, característica comum da região que se estende desde o Rio Grande do Norte até o Sul da Bahia.

O trimestre da pré-estação iniciou em fevereiro com total médio de $105,9 \pm 61,8$ mm mês^{-1} , seguido por março e abril com precipitações médias de $165,3 \pm 91,2$ mm e $178,8 \pm 102,1$ mm, respectivamente.

No período entre 1975 e 2005, o total médio dos sete meses que integraram o período chuvoso (fevereiro a agosto) foi de 1215 mm.

A média mensal da precipitação no Litoral no período de 1975 a 2005 foi de $122,0 \pm 35,8$ mm.

Houve um período com pequenos totais mensais de precipitação, com duração de quatro meses, iniciando em setembro com $60,6 \pm 54,9$ mm mês⁻¹, se estendendo por outubro com $34,3 \pm 23,6$ mm, novembro com $34,3 \pm 33,0$ mm e dezembro que registrou uma média de $41,4 \pm 36,8$ mm. É interessante observar que os meses de outubro e novembro registraram valores médios iguais, porém, os desvios-padrão indicaram uma menor variabilidade da precipitação pluvial no mês de outubro.

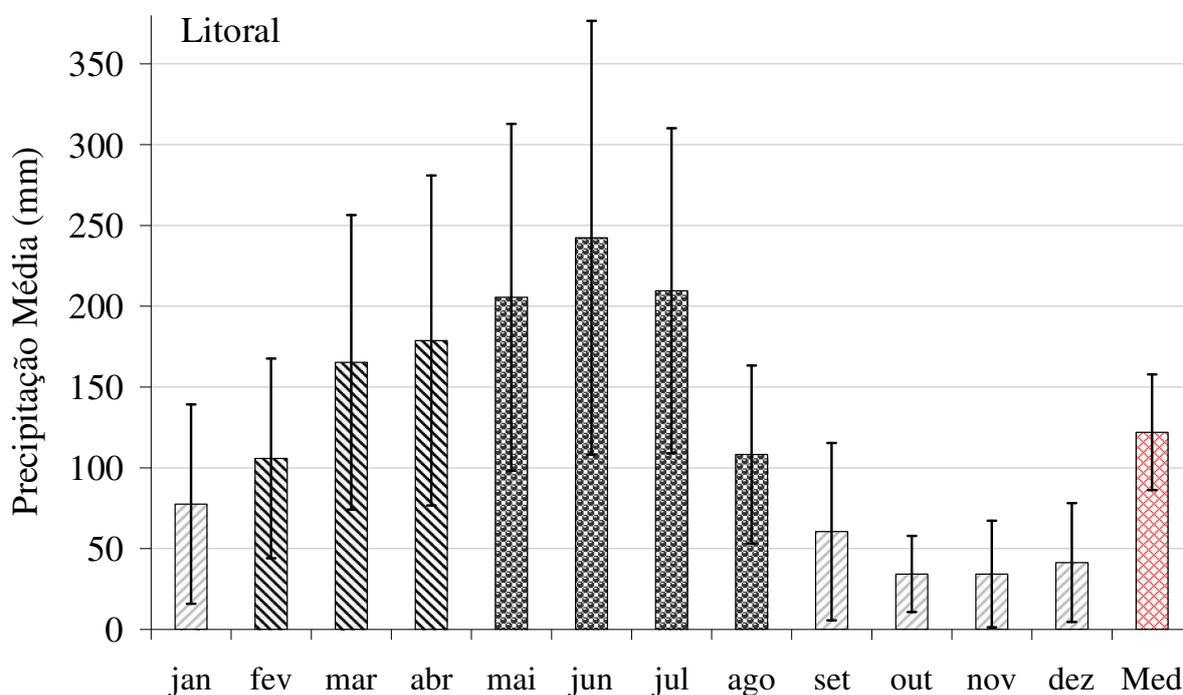


Figura 8. Precipitação média mensal (mm) para a microrregião do Litoral do estado da Paraíba no período de 1975 a 2005, com destaque para pré-estação chuvosa (fev-abr) e estação chuvosa (mai-ago).

A Figura 9 ilustra a variabilidade da precipitação pluvial no período de 1975 a 2005, a precipitação pluvial apresentou uma acentuada variabilidade interanual (Figura 9). O menor valor anual de 805,4 mm foi registrado em 1993, e o máximo registrado de 2493,0 mm para 1994. Segundo a classificação de eventos de El Niño e La Niña do INPE/CPTEC (2005), o

ano de 1993 foi de El Niño forte, enquanto o ano de 1994 foi de El Niño moderado (ver Tabela 8).

Também ocorreram grandes volumes de precipitação pluvial nos anos de 1985, 1989 e 2000, com totais de 2070,2 mm, 2092,7 mm e 2227,1 mm, respectivamente.

Valores muito abaixo da média foram registrados nos anos de 1979 (873,9 mm), 1983 (898,6 mm), 1999 (898,5 mm) e 2001 (815,5 mm).

No triênio 1984, 1985 e 1986, foram registrados períodos de grandes pluviosidades, com totais anuais de 1823,7 mm; 2070,2 mm e 1904,8 mm, respectivamente.

Nesse período analisado, para a microrregião do Litoral, foi observada uma sutil tendência de crescimento dos totais anuais, porém não muito bem definida. Isto se justifica, entre outros motivos, pela ocorrência de anos consecutivos com precipitações muito alternadas, como o triênio 1999, 2000 e 2001, quando foram registrados totais anuais de 898,5 mm; 2227,1 mm e 815,5 mm, respectivamente.

Neste intervalo de trinta anos analisados, o Litoral registrou valores acima da média em onze anos, quinze anos foram registrados valores abaixo da média e os demais anos ficaram próximos da média do período.

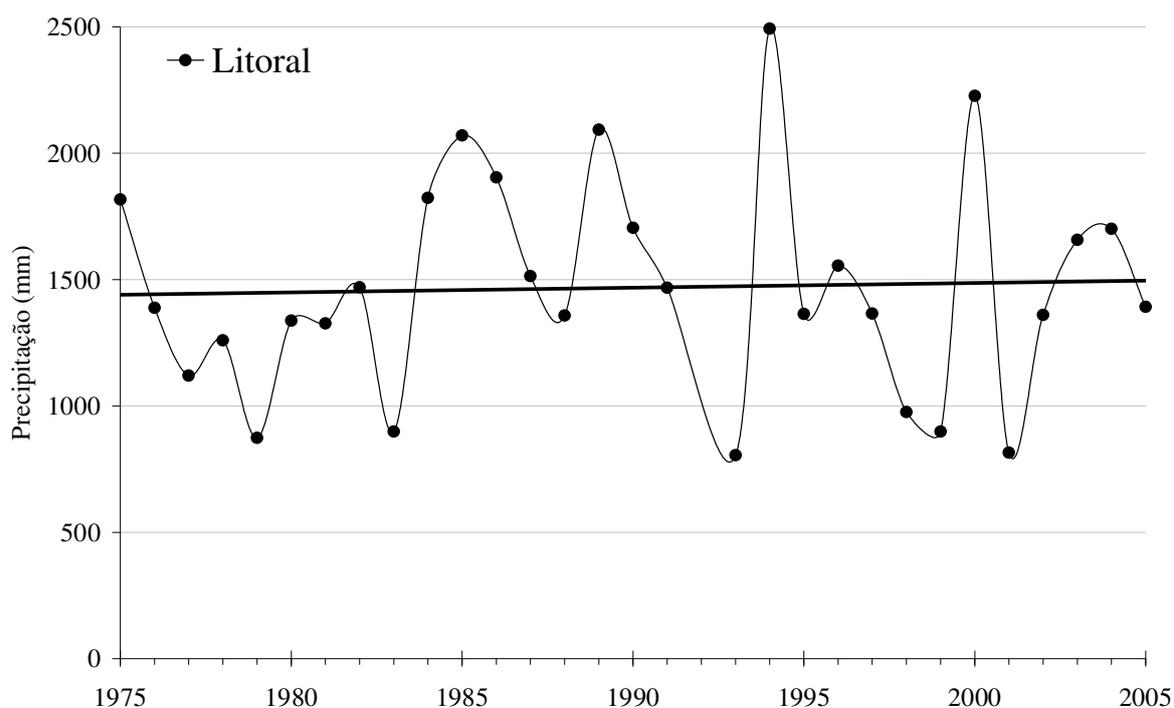


Figura 9. Variabilidade anual da precipitação (mm) para a microrregião do Litoral do estado da Paraíba, e a linha tendência, no período de 1975 a 2005.

4.1.2. Precipitação no Brejo

A microrregião do Brejo, assim como a microrregião do Litoral, apresentou o trimestre mais chuvoso (maio, junho e julho) conforme descrito por Menezes *et al.* (2003a).

As precipitações pluviométricas médias mensais para a microrregião do Brejo (Figura 10) indicaram totais mais elevados no mês de junho, com uma média de $163,9 \pm 74,4$ mm, em maio um total médio de $142,8 \pm 56,5$ mm e em julho $155,0 \pm 77,6$ mm. No Brejo, a estação chuvosa (quadra chuvosa) ocorre de maio a agosto, tendo agosto uma precipitação média de $86,6 \pm 41,0$ mm $mês^{-1}$.

Em fevereiro teve início a pré-estação chuvosa no Brejo paraibano com total médio de $88,0 \pm 61,6$ mm, tendo março e abril registrado precipitações médias de $139,2 \pm 72,5$ mm, e $150,5 \pm 88,2$ mm, respectivamente.

Os sete meses que foram considerados como período chuvoso (fevereiro a agosto) totalizaram uma média de 926 mm no período de 1975 a 2005.

Baixos totais médios mensais de precipitação pluvial foram registrados no período de duração de quatro meses, começando em setembro quando foram registrados $49,8 \pm 49,0$ mm, passando pelo menor valor em outubro com $21,6 \pm 17,4$ mm, novembro que registrou uma média de $25,8 \pm 25,5$ mm terminando dezembro com $33,2 \pm 29,8$ mm com grande variabilidade da precipitação pluvial em todos os quatro meses, indicada pelos altos desvios-padrão.

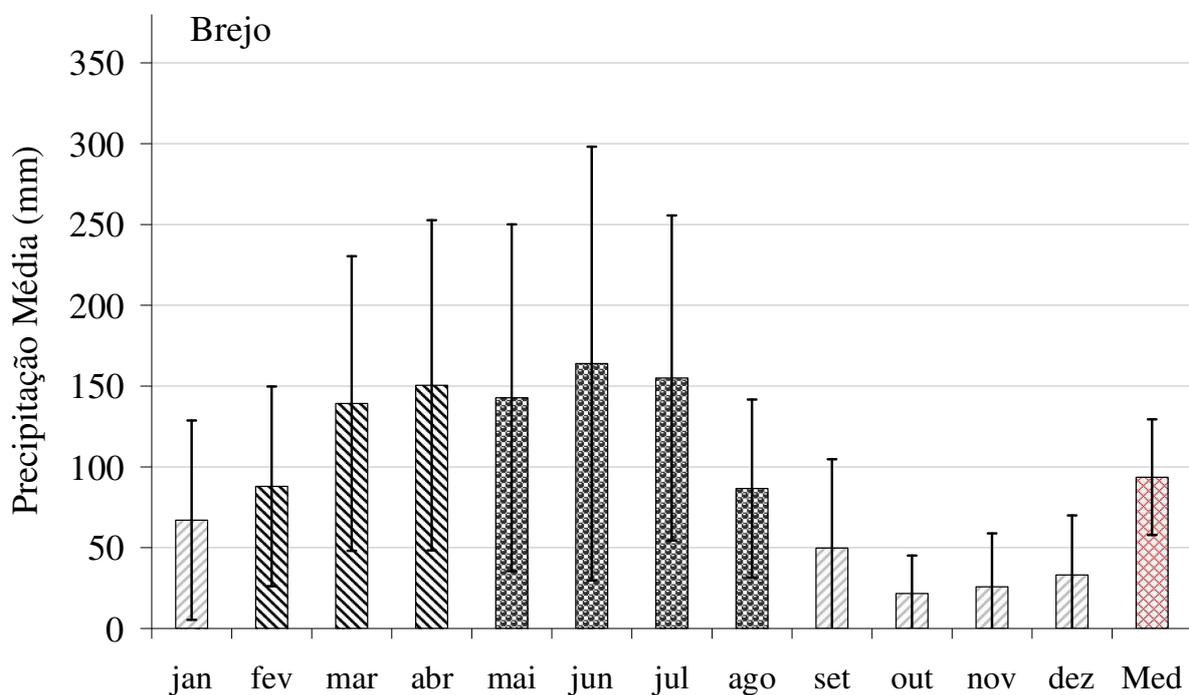


Figura 10. Precipitação média mensal (mm) para a microrregião do Brejo do estado da Paraíba no período de 1975 a 2005, com destaque para pré-estação chuvosa (fev-abr) e estação chuvosa (mai-ago).

A variabilidade interanual da precipitação pluvial na microrregião do Brejo (Figura 11) no período estudado (1975 a 2005) apresentou menos intensidade que a microrregião do Litoral. Assim como no Litoral, o menor valor total anual foi registrado no ano 1993 com

492,1 mm. Em 1994 a precipitação pluvial foi de 1711,5 mm. Esta oscilação entre esse dois anos seguiu o mesmo padrão do Litoral, que relacionou os fatos aos eventos de El Niño – Oscilação Sul (ENOS) e La Niña, sendo que nos anos de 1993 e 1994 foram considerados de ENOS forte e moderado, respectivamente.

As precipitações pluviais mensais foram todas abaixo da média no ano de 1993, sendo que nos meses de novembro e dezembro não registraram precipitação.

Altos índices de precipitação pluvial foram registrados no Brejo nos anos de 1985, 1986 e 2000, com totais de 1750,0 mm ano⁻¹, 1763,1 mm ano⁻¹ e 1680,7 mm ano⁻¹, respectivamente.

Precipitações muito abaixo da média foram registradas nos anos de 1983 (832,0 mm), 1993 (492,1 mm), nos anos de 1998 e 1999 com 662,0 mm e 775,9 mm, respectivamente.

Assim como ocorreu na microrregião do Litoral, ocorreram anos consecutivos com precipitações muito alternadas, como o triênio 1999, 2000 e 2001, quando os totais anuais registrados foram de 775,9 mm; 1680,7 mm e 831,5 mm, respectivamente.

No período analisado (1975 a 2005) a microrregião do Brejo apresentou uma pequena tendência de redução dos totais anuais. Isto deve ter sido influenciado pela ocorrência de valores abaixo da média em dois períodos com cinco anos consecutivos, o primeiro de 1979 a 1983, o outro entre 1995 e 1999, além de um período de quatro anos entre 1990 a 1993, ressaltando que os dados de 1992 não estão sendo considerados nesta análise.

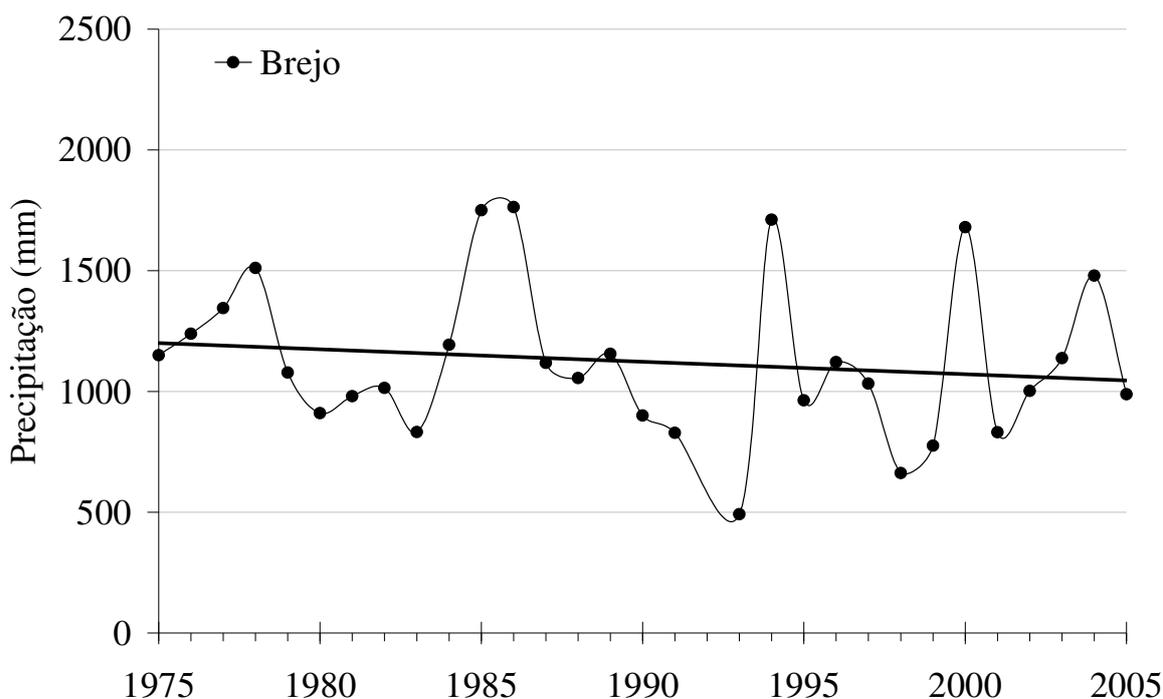


Figura 11. Variabilidade anual da precipitação (mm) para a microrregião do Brejo do estado da Paraíba, e a linha tendência, no período de 1975 a 2005.

4.1.3. Precipitação no Agreste

O trimestre mais chuvoso desta microrregião também como descrito por Menezes *et al.* (2003a) são os mesmos como as das microrregiões do Litoral e do Brejo, ou seja, maio, junho e julho.

Para a microrregião do Agreste as precipitações pluviométricas médias mensais indicam que o mês de julho apresenta maior total pluviométrico com uma média de $109,4 \pm 51,2$ mm, os meses de maio e junho registraram totais médios de $96,6 \pm 42,0$ mm e $106,3 \pm 52,1$ mm, respectivamente. Assim com no Litoral e no Brejo, no Agreste a estação (quadra) chuvosa se estendeu de maio a agosto, conforme indicado na Figura 12.

No Agreste, na média de 1975 a 2005, a pré-estação chuvosa começou em fevereiro com $54,4 \pm 48,3$ mm, atingindo em março $104,6 \pm 71,3$ mm, e em abril $101,2 \pm 62,3$ mm. Os

sete meses do período chuvoso (fevereiro a agosto) registraram um total médio de 624,4 mm, durante o período de 1975 e 2005.

Totais médios mensais de precipitação pluvial com valores menores ocorrem nos meses de setembro com $27,2 \pm 29,0$ mm, outubro registrou $10,0 \pm 9,9$ mm, em novembro foram registrados $10,8 \pm 13,1$ mm e para dezembro $19,7 \pm 19,9$ mm. Os meses referentes ao período de setembro a janeiro, os cinco meses mais secos do ano no Agreste, apresentaram grande variabilidade da precipitação pluvial, e desvios-padrão maiores que a média.

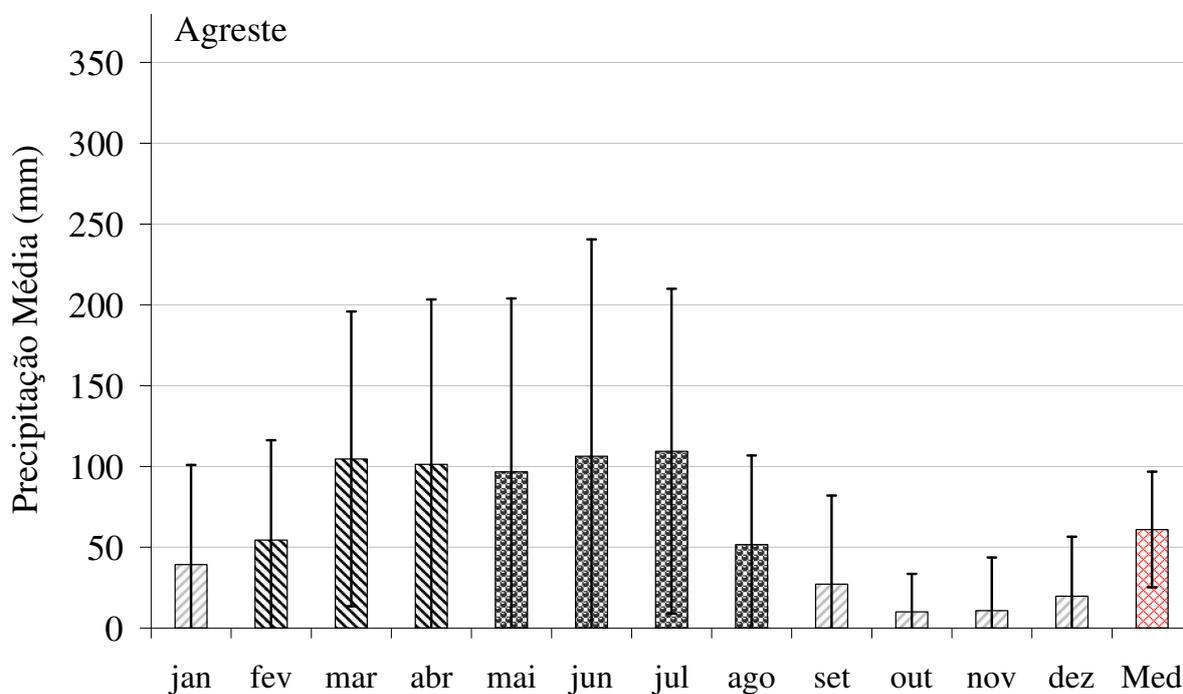


Figura 12. Precipitação média mensal (mm) para a microrregião do Agreste do estado da Paraíba no período de 1975 a 2005, com destaque para pré-estação chuvosa (fev-abr) e estação chuvosa (mai-ago).

A variabilidade anual da precipitação pluvial na microrregião do Agreste é um pouco menor do que a do Litoral e Brejo (Figura 13).

Similarmente ao ocorrido nas outras duas microrregiões da parte ao Leste do estado da Paraíba o menor valor anual ocorreu em 1993 com 321,9 mm, novamente ocorreu uma

forte variação no ano de 1994, quando a precipitação pluvial alcançou 1061,7 mm, seguindo o mesmo padrão das microrregiões do Litoral e Brejo. Este padrão estaria ligado aos eventos de El Niño forte e moderado, registrado em 1993 e 1994, respectivamente.

Assim como foi registrado para o Brejo, as precipitações pluviométricas mensais no Agreste foram todas abaixo da média no ano de 1993, sendo que nos meses de novembro e dezembro não houve precipitação, e em outubro apenas 0,5 mm. No ano de 1993 a precipitação de 321,9 mm foi o menor valor registrado para o período de 1975 a 2005.

No Agreste a precipitação pluvial registrou volumes elevados nos anos de 1985 e 1986 com 1264,1 mm e 1150,1 mm respectivamente.

A microrregião do Agreste também apresentou uma pequena tendência de redução dos totais anuais. Como já foi observado para o Litoral e o Brejo, ocorreram anos consecutivos com precipitações muito alternadas, com o triênio 1999, 2000 e 2001, com totais anuais de 480,0 mm; 1117,9 mm e 557,3 mm, respectivamente.

O Agreste registrou valores abaixo da média em dois triênios consecutivos, de 1997 a 1999, e de 2001 a 2003, além de um período de quatro anos entre 1990 a 1993, lembrando que o ano de 1992 não foi considerado.

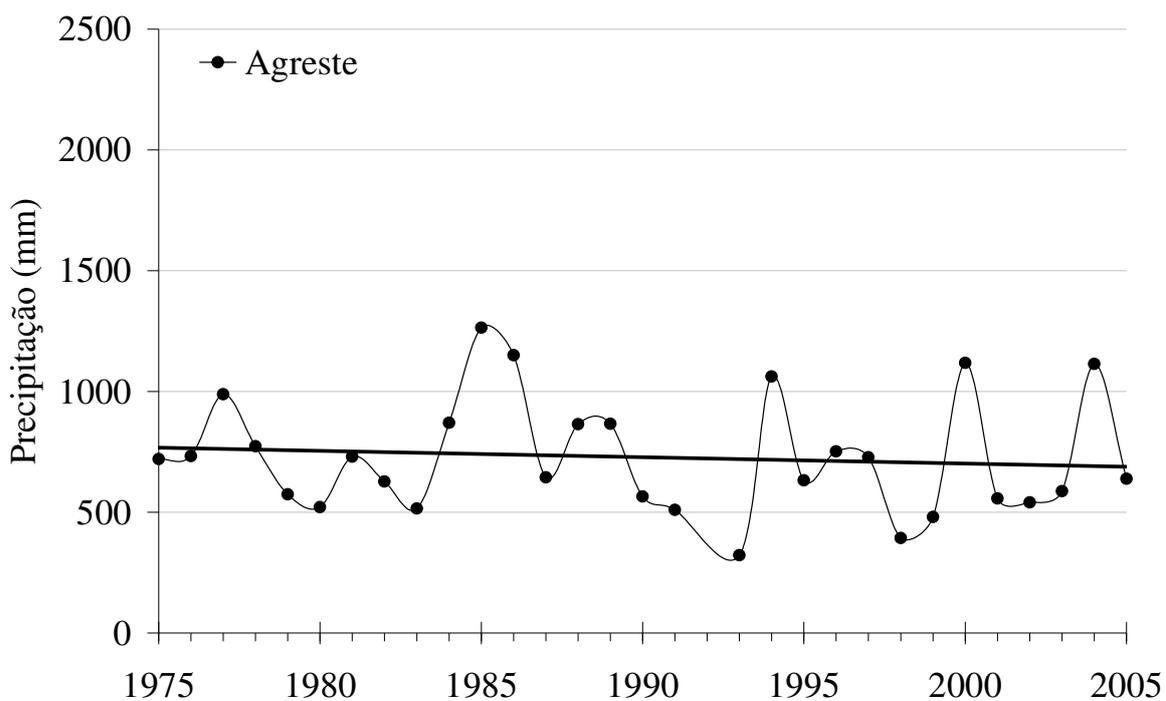


Figura 13. Variabilidade anual da precipitação (mm) para a microrregião do Agreste do estado da Paraíba, e a linha tendência, no período de 1975 a 2005.

4.1.4. Precipitação no Cariri/Curimataú

A microrregião do Cariri/Curimataú registrou o trimestre mais chuvoso em fevereiro, março e abril, porém essa área é caracterizada pela pequena quantidade de precipitação pluvial durante todo o ano. Os totais médios mensais da precipitação pluvial indicaram março como o mês mais chuvoso, com média de apenas $106,1 \pm 69,9$ mm, tendo sido registrado em fevereiro $66,7 \pm 63,7$ mm e em abril $92,6 \pm 82,6$ mm. A estação chuvosa ou quadra chuvosa (fevereiro, março, abril e maio) foi completada pelo mês de maio com uma precipitação média de $46,0 \pm 27,4$ mm (Figura 14).

O trimestre da pré-estação foi constituído pelos meses de novembro com média de $5,3 \pm 6,7$ mm, dezembro e janeiro com precipitações de $15,3 \pm 20,6$ mm e $44,4 \pm 61,1$ mm, respectivamente.

Entre 1975 e 2005, o total médio dos sete meses que integraram o período chuvoso (novembro a maio) foi de 327,7 mm.

A média mensal da precipitação pluvial no Cariri/Curimataú (entre 1975 e 2005) foi de $38,1 \pm 16,8$ mm.

O segundo semestre foi caracterizado pelos baixos totais mensais de precipitação, os meses de setembro e outubro registraram apenas $6,4 \pm 6,5$ mm e $4,5 \pm 8,1$ mm.

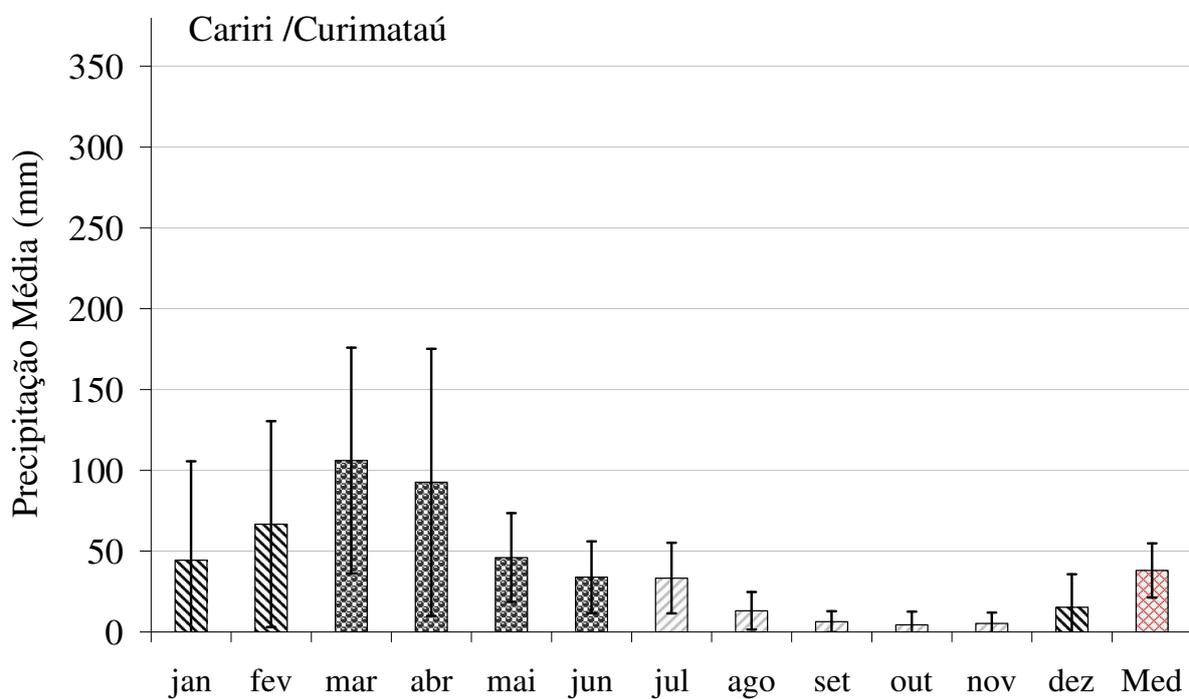


Figura 14. Precipitação média mensal (mm) para a microrregião do Cariri/Curimataú do estado da Paraíba no período de 1975 a 2005, com destaque para pré-estação chuvosa (dez-fev) e estação chuvosa (mar-jun).

Para este período estudo (1975 a 2005), a precipitação pluvial apresentou uma acentuada variabilidade interanual. O menor total anual registrado foi em 1993 sendo de 101,1 mm, e o maior foi registrado em 1985 com 1014,9 mm (Figura 15).

Para 1993, todas as precipitações pluviais mensais foram abaixo da média do período de 1975 a 2005, os meses de novembro e dezembro não registraram precipitação. Além de 1993, valores muito abaixo da média foram registrados nos anos de 1990 (155,0 mm) e 1998 (124,1 mm).

A microrregião do Cariri/Curimataú, para esse período analisado, apresentou uma tendência de redução dos totais anuais. Ocorreram anos consecutivos com precipitações abaixo da média, como o triênio 2001, 2002 e 2003, com totais anuais de 364,1 mm; 451,5 mm e 292,6 mm, respectivamente. Além de dois quadriênios, 1990 a 1993, e 1996 a 1999.

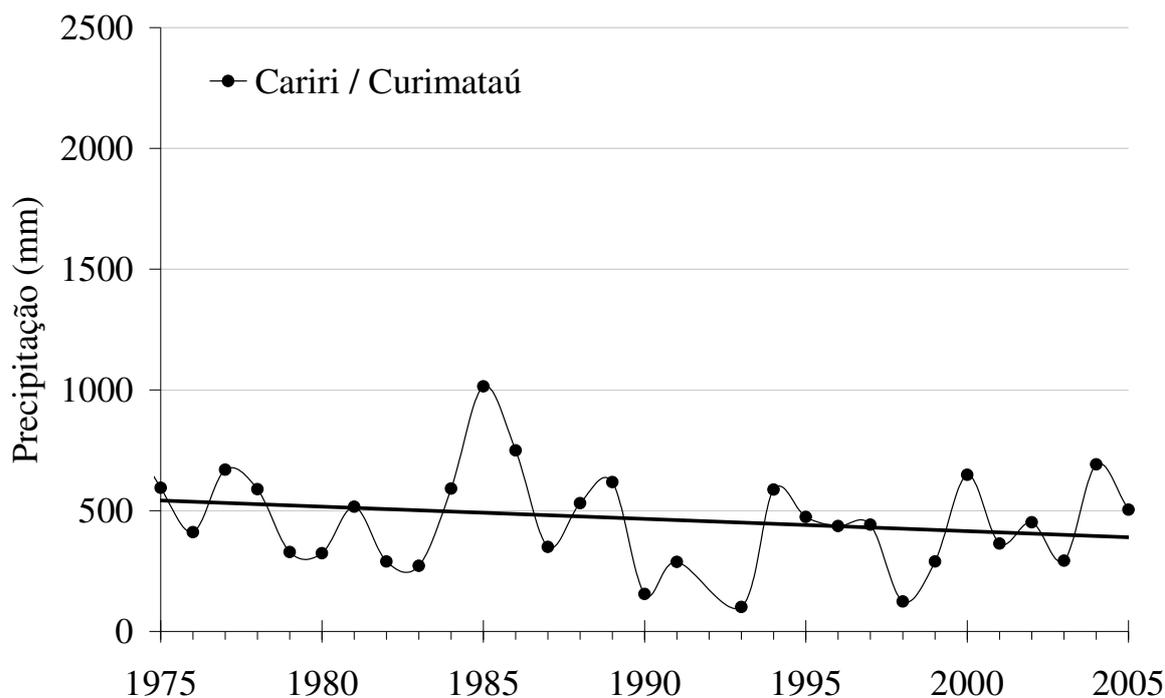


Figura 15. Variabilidade anual da precipitação (mm) para a microrregião do Cariri/Curimataú do estado da Paraíba, e a linha tendência, no período de 1975 a 2005.

4.1.5. Precipitação no Sertão

Assim com na microrregião do Cariri/Curimataú, o Sertão também registrou o trimestre mais chuvoso em fevereiro, março e abril, e é caracterizada pela pouca quantidade de precipitação pluvial durante todo o ano. Os totais médios mensais da precipitação pluvial registraram o mês março como o mais chuvoso, média $182,0 \pm 75,8$ mm, enquanto que em fevereiro foi de $123,3 \pm 86,7$ mm e em abril $155,7 \pm 105,7$ mm. A estação chuvosa ou quadra chuvosa (fevereiro, março, abril e maio) foi completada pelo mês de maio com uma precipitação média de $76,1 \pm 55,6$ mm (Figura 16).

O trimestre da pré-estação foi constituído pelos meses de novembro com média de $11,9 \pm 15,8$ mm, dezembro e janeiro com precipitações de $26,3 \pm 28,1$ mm, e $91,6 \pm 84,2$ mm, respectivamente.

O total médio dos sete meses que integraram o período chuvoso (novembro a maio) entre 1975 e 2005, foi de 585,7 mm. A média mensal da precipitação pluvial no Sertão (entre 1975 e 2005) foi de $58,5 \pm 21,9$ mm.

Como a microrregião do Cariri/Curimataú, o segundo semestre na microrregião do Sertão registrou baixa precipitação, em agosto, setembro e outubro foram em média $5,6 \pm 8,5$ mm, $3,3 \pm 4,3$ mm e $4,0 \pm 6,5$ mm, respectivamente.

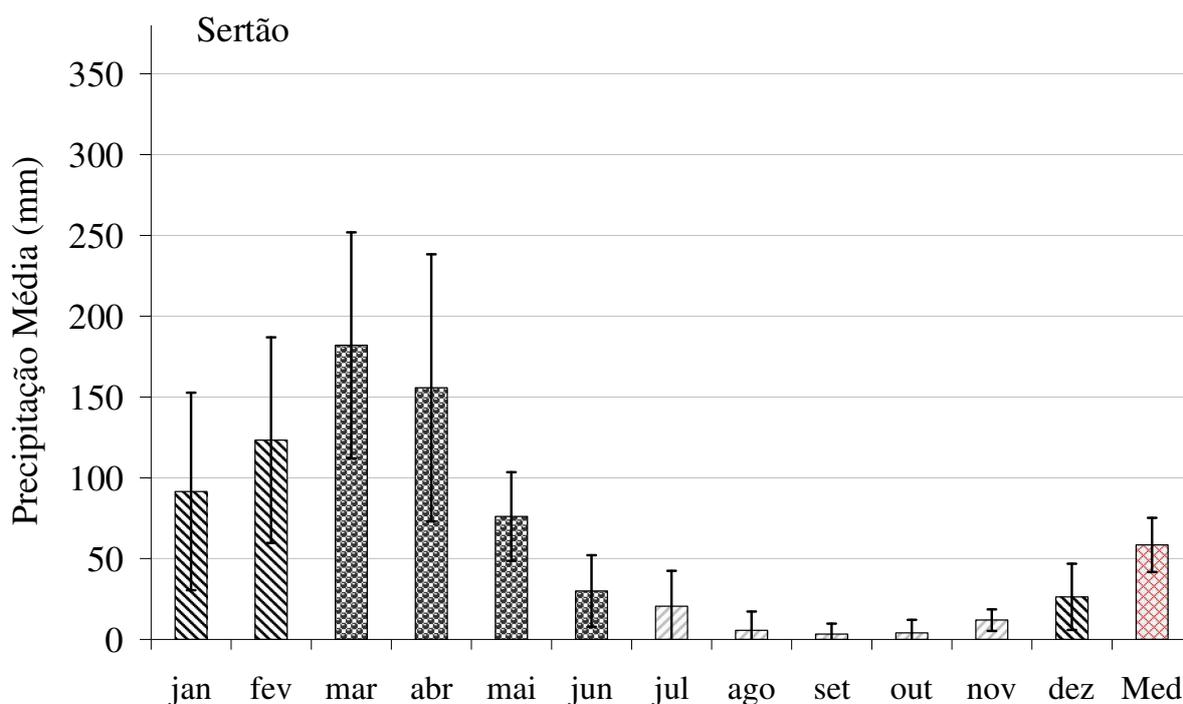


Figura 16. Precipitação média mensal (mm) para a microrregião do Sertão do estado da Paraíba no período de 1975 a 2005, com destaque para pré-estação chuvosa (dez-fev) e estação chuvosa (mar-jun).

Para a microrregião do Sertão neste período de estudo (1975 a 2005), a precipitação pluvial apresentou uma acentuada variabilidade interanual. O menor total anual registrado foi em 1993 sendo de 201,0 mm, e o maior foi registrado em 1985 com 1421,1 mm (Figura 17).

Para 1993, todas as precipitações pluviais mensais foram abaixo da média do período de 1975 a 2005, exceto os meses de setembro e outubro. Em novembro não houve precipitação.

A microrregião do Sertão, para esse período analisado, apresentou uma tendência de redução dos totais anuais. Foi registrado para o Sertão, o mais longo período de anos consecutivos com precipitações abaixo da média, dentre todas as seis microrregiões estudadas. Foram seis anos, 1979 (562,9 mm), 1980 (564,8 mm), 1981 (600,4 mm), 1982 (478,0 mm), 1983 (369,3 mm) e 1984 (707,4 mm).

Também houve um triênio 1997, 1998 e 1999, com totais anuais de 656,7 mm; 288,4 mm e 655,0 mm, respectivamente. Além do quadriênio, 1990 a 1993.

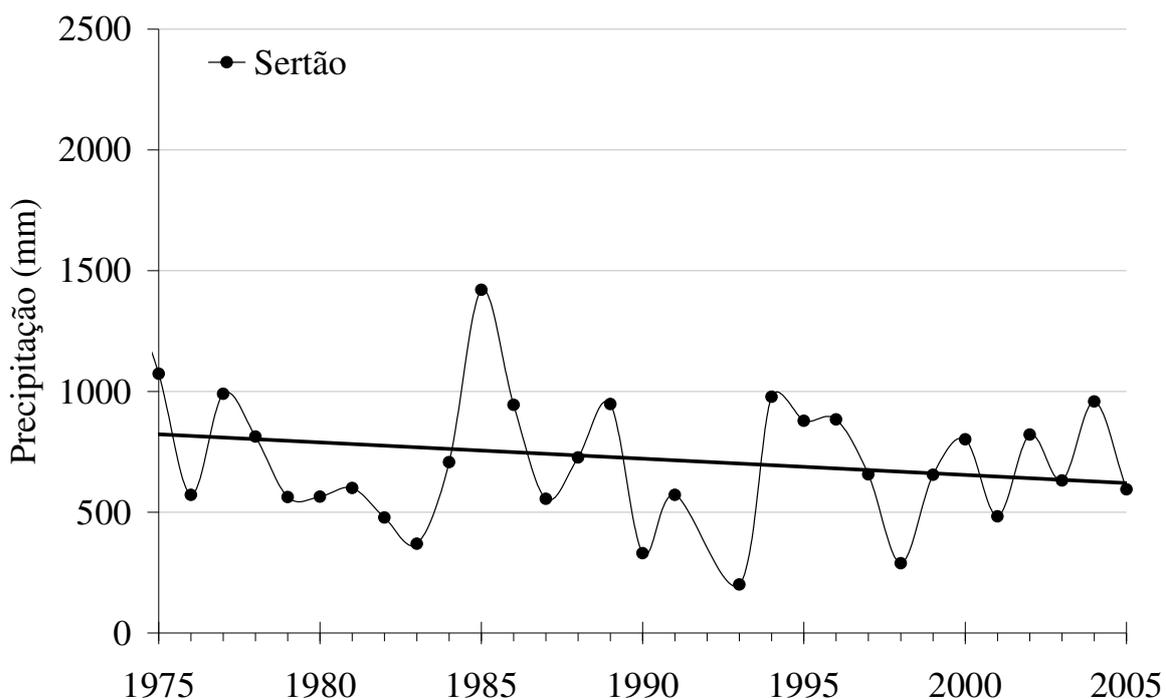


Figura 17. Variabilidade anual da precipitação (mm) para a microrregião do Sertão do estado da Paraíba, e a linha tendência, no período de 1975 a 2005.

4.1.6. Precipitação no Alto Sertão

Assim com na microrregião do Cariri/Curimataú e Sertão, o Alto Sertão também registrou o trimestre mais chuvoso em fevereiro, março e abril, porém, apresenta uma quantidade maior de precipitação pluvial durante todo o ano.

Os totais médios mensais da precipitação pluvial registraram o mês março como o mais chuvoso, média $220,1 \pm 78,3$ mm, enquanto que em fevereiro foi de $169,0 \pm 85,7$ mm e em abril $177,0 \pm 108,6$ mm. A estação chuvosa ou quadra chuvosa (fevereiro, março, abril e maio) foi completada pelo mês de maio com uma precipitação média de $79,7 \pm 53,3$ mm (Figura 18).

O trimestre da pré-estação foi constituído pelos meses de novembro com média de $20,1 \pm 21,3$ mm, dezembro e janeiro com precipitações médias de $44,2 \pm 49,4$ mm, e $141,8 \pm$

98,0 mm, respectivamente. O total médio dos sete meses que integraram o período chuvoso (novembro a maio) entre 1975 e 2005 foi de 768,3 mm. A média mensal da precipitação pluvial no Sertão (entre 1975 e 2005) foi de $75,0 \pm 23,6$ mm.

Assim como no Cariri/Curimataú e no Sertão, o Alto Sertão apresentou o segundo semestre com baixa precipitação, principalmente os meses de agosto, setembro e outubro, quando foram registrados apenas $6,3 \pm 6,6$ mm, $7,0 \pm 8,4$ mm e $9,9 \pm 12,7$ mm, respectivamente.

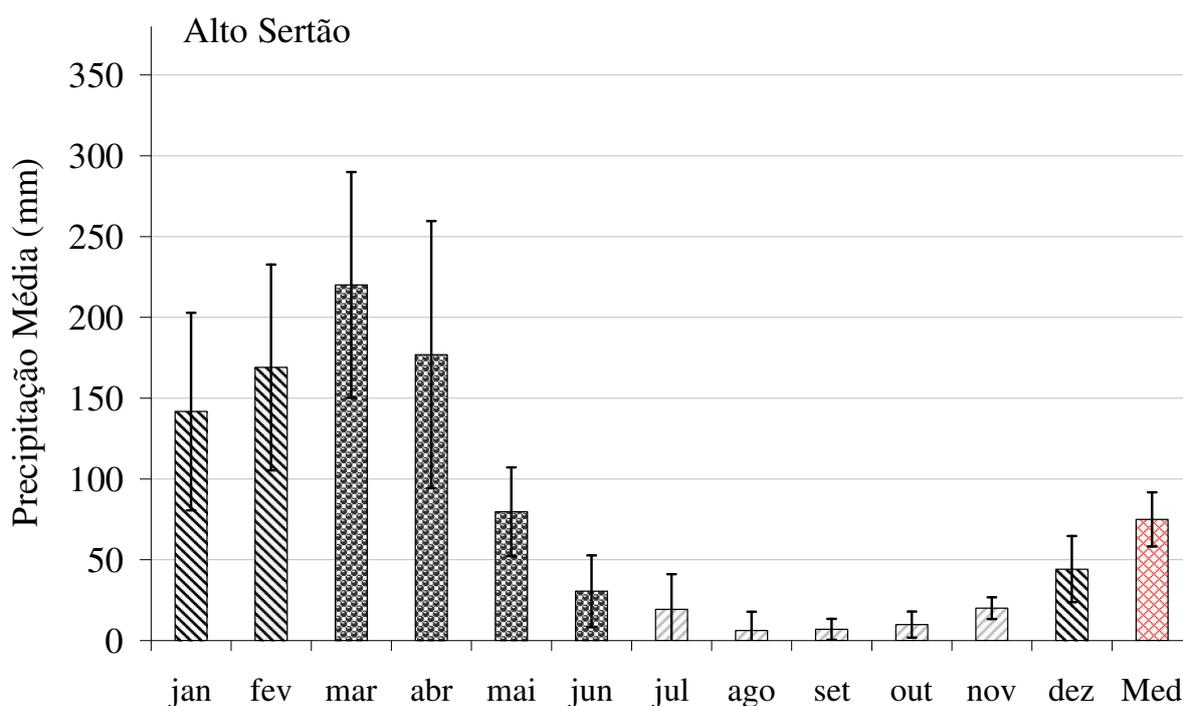


Figura 18. Precipitação média mensal (mm) para a microrregião do Alto Sertão do estado da Paraíba no período de 1975 a 2005, com destaque para pré-estação chuvosa (dez-fev) e estação chuvosa (mar-jun).

A microrregião do Alto Sertão entre 1975 e 2005, teve a precipitação pluvial com grande variabilidade interanual. O menor total anual registrado foi em 1993 sendo de 455,6 mm, e o maior foi registrado em 1985 com 1786,1 mm (Figura 19).

Para 1993, os meses de junho, agosto, setembro e novembro registraram precipitações pluviais muito baixas, próximas de zero na média do período de 1975 a 2005.

A microrregião do Alto Sertão, para esse período analisado, apresentou uma tendência de redução dos totais anuais. No Alto Sertão foi registrado um longo período com cinco anos consecutivos com precipitações abaixo da média, 1980 (834,6 mm), 1981 (764,0 mm), 1982 (554,3 mm), 1983 (574,2 mm) e 1984 (888,3 mm).

Também houve um triênio 2001, 2002 e 2003, com totais anuais de 668,0 mm; 865,6 mm e 793,6 mm, respectivamente. Além do quadriênio, 1990 a 1993.

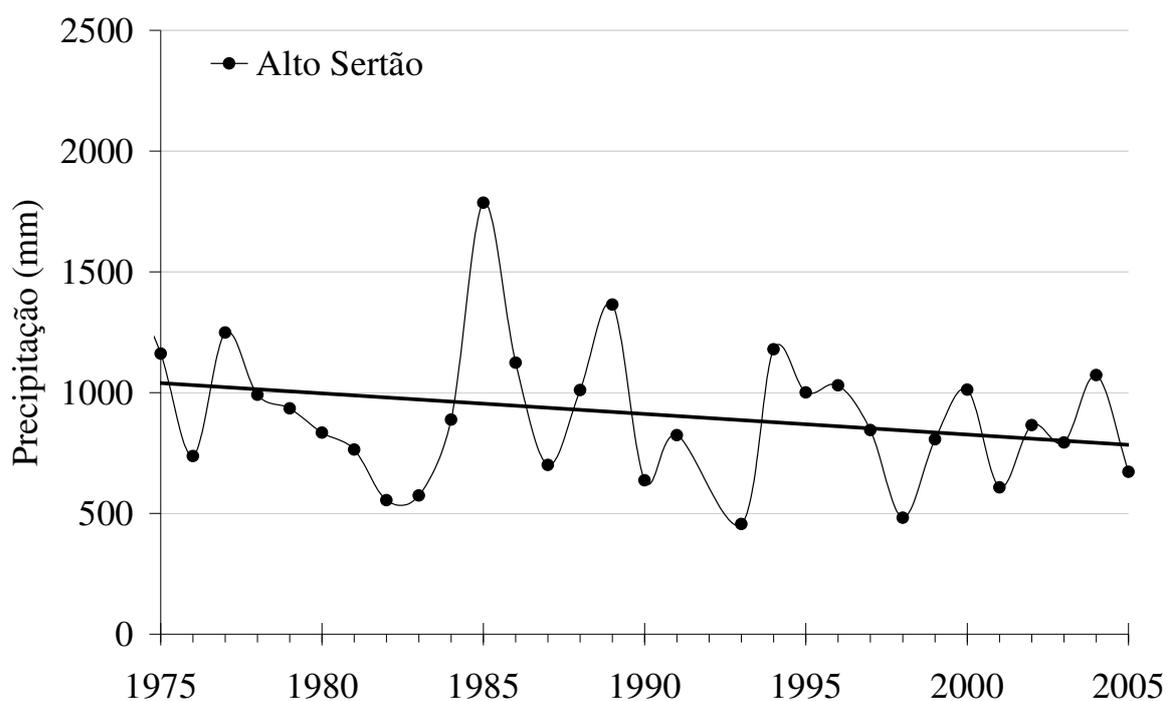


Figura 19. Variabilidade anual da precipitação (mm) para a microrregião do Alto Sertão do estado da Paraíba, e a linha tendência, no período de 1975 a 2005.

4.2. Relações entre as precipitações da pré-estação chuvosa e do período chuvoso

As precipitações da pré-estação chuvosa recuperam a umidade do solo que foi reduzida durante o período de estiagem anterior a elas, período este que causa uma grande deficiência hídrica no solo. Climatologicamente a parte da Paraíba localizada a Leste da Serra da Borborema é afetada pela estiagem entre os meses de setembro a janeiro, enquanto a porção localizada no lado Oeste da Serra sofre mais a influência entre junho e outubro.

Nos aspectos ambientais e econômicos que refletem na parte social, as precipitações da pré-estação chuvosa favorecem o início da implementação da prática agrícola natural na Paraíba, recuperando a vegetação nativa, pois contribuem com a quantidade de água contida no solo, que será somada à precipitação que ocorrerá durante a estação chuvosa, beneficiando as culturas agrícolas que serão conduzidas nessa época do ano.

4.2.1. Relação da precipitação pluvial da pré-estação com o período chuvoso no Litoral paraibano

A importância da relação entre as precipitações da pré-estação chuvosa e as precipitações do período chuvoso é determinar a contribuição das chuvas ocorridas na época da pré-estação no total da precipitação do período chuvoso, época em que será realizado o cultivo agrícola, devido às melhores condições hídricas do solo. Pois, antes da pré-estação chuvosa sempre houve um período de estiagem que reduziu bastante o conteúdo de água no solo disponível para as plantas.

O Litoral paraibano apresentou o trimestre mais chuvoso entre maio e julho, característica comum da região que se estende desde o Rio Grande do Norte até o Sul da Bahia.

A precipitação pluvial para a microrregião do Litoral determinou como pré-estação chuvosa os meses de fevereiro, março e abril, e a estação chuvosa ou quadra chuvosa foi composta pelos meses de maio, junho, julho e agosto. Desta forma o período chuvoso para o Litoral ficou entre fevereiro e agosto.

A relação existente entre as precipitações pluviais da pré-estação chuvosa com as do período chuvoso para o Litoral paraibano (Figura 20) mostrou um coeficiente de correlação linear, $r = 0,66$ (com significância de 99%), indicando uma correlação moderada. Desta maneira, aplicando a equação de regressão linear obtida (Tabela 9) pode-se prever com uma confiabilidade regular, se a precipitação no período chuvoso alcançará o volume ideal para o cultivo de determinado produto. E sabendo-se com antecedência das necessidades hídricas das culturas a serem implantadas na microrregião do Litoral, poderá se tomar a decisão de plantar, ou não, naquela área.

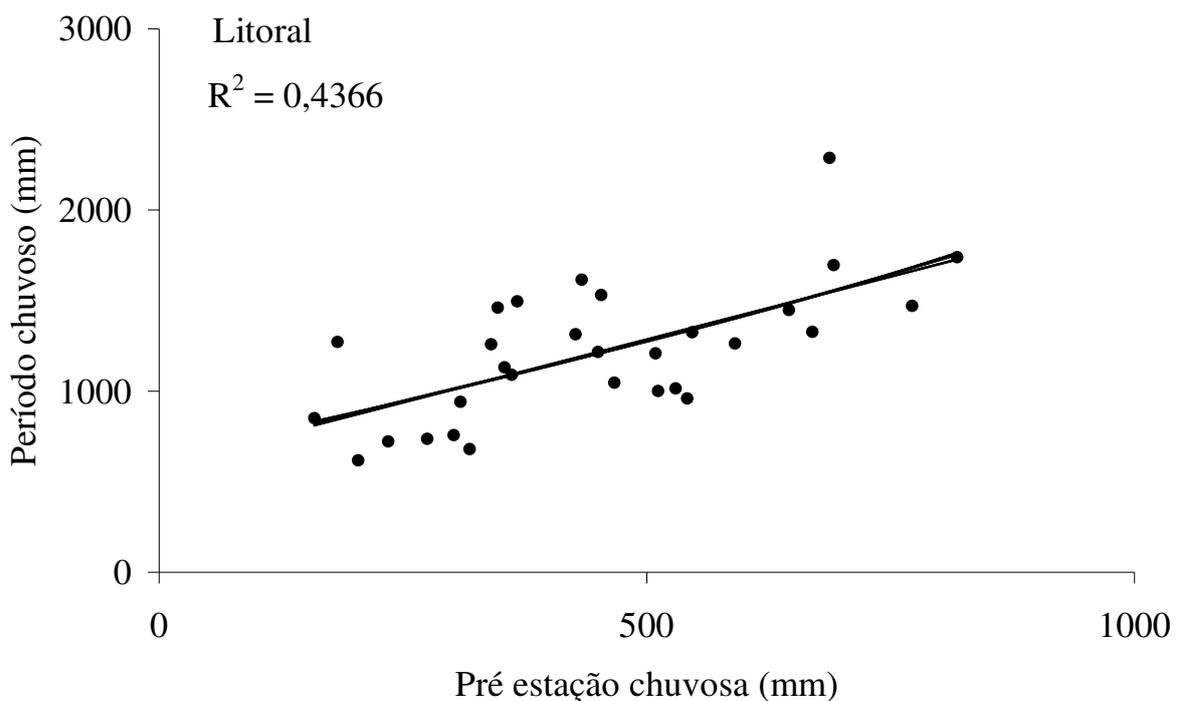


Figura 20. Relação linear entre as precipitações (mm) da pré-estação com a do período chuvoso para a microrregião do Litoral paraibano, no período de 1975 a 2005.

4.2.2. Relação da precipitação pluvial da pré-estação com o período chuvoso no Brejo paraibano

A microrregião do Brejo da Paraíba, assim como o Litoral, teve o trimestre mais chuvoso entre maio e julho. Deste modo, a precipitação pluvial para esta área determinou como pré-estação chuvosa os meses de fevereiro, março e abril, e a estação chuvosa nos meses de maio, junho, julho e agosto. Assim o período chuvoso para o Brejo ficou entre fevereiro e agosto. Segundo Menezes *et al* (2003a). São influenciadas em grande parte pelos eventos de DOL.

As precipitações pluviais da pré-estação chuvosa, relacionadas com as do período chuvoso para o Brejo paraibano (Figura 21) apresentaram um coeficiente de correlação linear, $r = 0,80$, indicando uma alta correlação entre elas, com nível de significância de 99%, de modo que pode-se estimar através da equação de regressão linear (Tabela 9), se a precipitação no período chuvoso alcançará o volume necessário para um determinado cultivo agrícola, com uma grande confiabilidade. E sabendo-se com antecedência das necessidades hídricas das culturas a serem implantadas na microrregião do Brejo, poderá se decidir plantar, ou não, nesta microrregião.

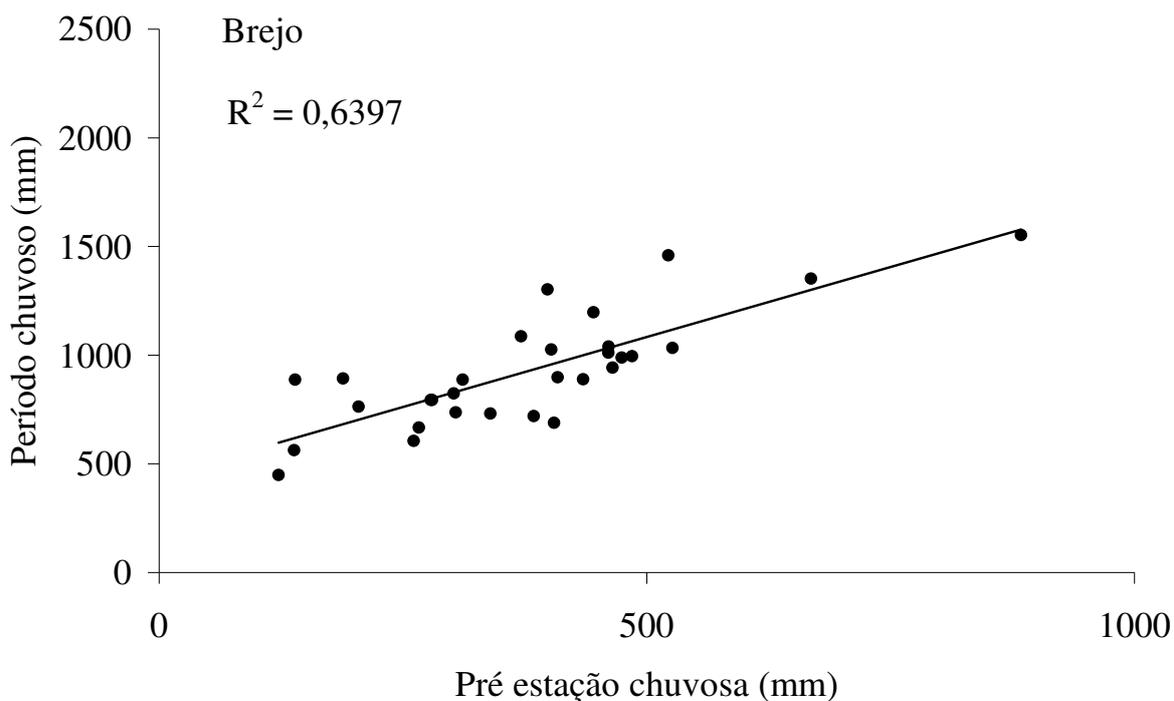


Figura 21. Relação linear entre as precipitações (mm) da pré-estação com a do período chuvoso para a microrregião do Brejo paraibano, no período de 1975 a 2005.

4.2.3. Relação da precipitação pluvial da pré-estação com o período chuvoso no Agreste paraibano

Para o Agreste paraibano, assim como para o Litoral e o Brejo, teve o trimestre mais chuvoso ocorre entre maio e julho. A precipitação pluvial da pré-estação chuvosa se verifica nos meses de fevereiro, março e abril, com a estação chuvosa de maio a agosto. Assim o período chuvoso para o Agreste também ficou entre fevereiro e agosto.

Para o Agreste paraibano, as precipitações pluviais da pré-estação chuvosa relacionadas, com as do período chuvoso (Figura 22), assim como para o Brejo, apresentaram um coeficiente de correlação linear, $r = 0,80$, indicando, como visto no Brejo uma correlação forte com nível de significância de 99% de entre elas, podendo-se estimar através da equação de regressão linear obtida (Tabela 9), se a precipitação no período chuvoso alcançará o volume necessário para um determinado cultivo agrícola, com uma grande confiabilidade. E

sabendo-se com antecedência das necessidades hídricas das culturas a serem implantadas na microrregião, poderá se decidir plantar, ou não, no Agreste.

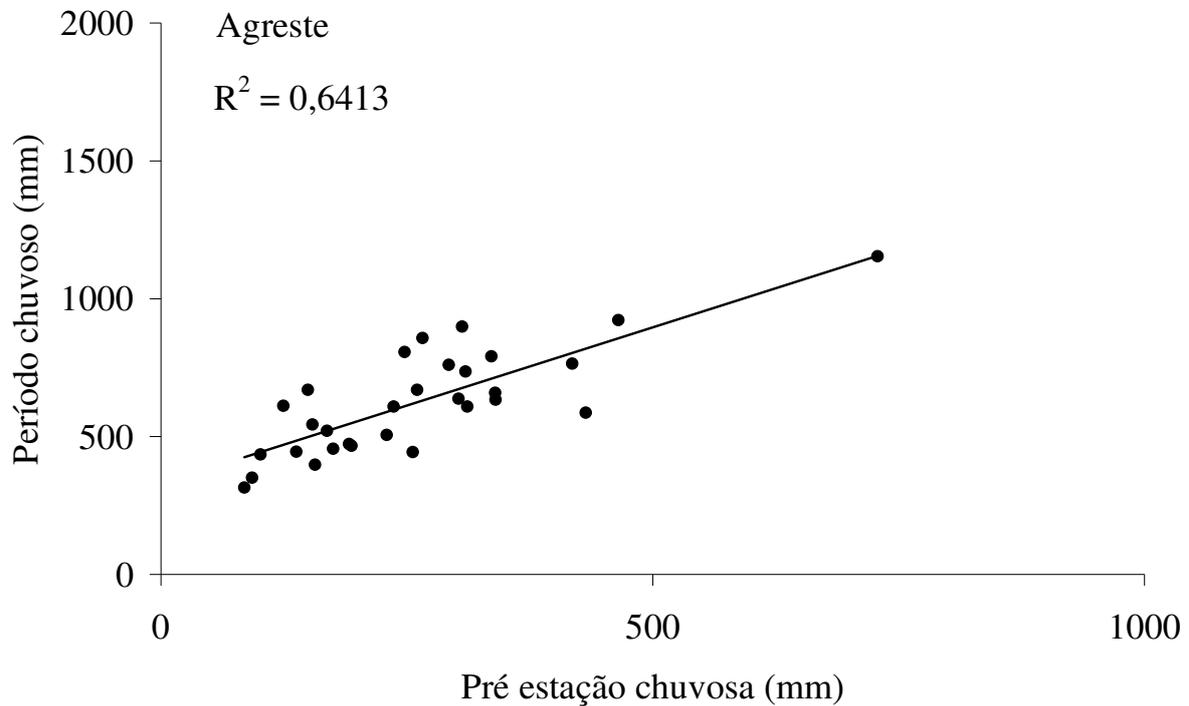


Figura 22. Relação linear entre as precipitações (mm) da pré-estação com a do período chuvoso para a microrregião do Agreste paraibano, no período de 1975 a 2005.

4.2.4. Relação da precipitação pluvial da pré-estação com o período chuvoso no Cariri/Curimataú paraibano

A microrregião do Cariri/Curimataú apresentou o trimestre mais chuvoso entre fevereiro e abril.

A precipitação pluvial para o Cariri/Curimataú apresentou pré-estação chuvosa nos meses de novembro, dezembro e janeiro, e a estação chuvosa ou quadra chuvosa foi composta pelos meses de fevereiro a maio com o período chuvoso de novembro a maio.

A relação existente entre as precipitações pluviais da pré-estação chuvosa com as do período chuvoso para o Cariri/Curimataú paraibano (Figura 23) encontrou-se um coeficiente

de correlação linear, $r = 0,52$, indicando uma baixa correlação mas ainda com nível de significância de 99%. Desta maneira, aplicando a equação de regressão linear obtida para esta microrregião (Tabela 9) pode-se prever com uma confiabilidade regular, se a precipitação no período chuvoso alcançará o volume ideal para o cultivo de determinado produto. E sabendo-se com antecedência das necessidades hídricas das culturas a serem implantadas na microrregião do Cariri/Curimataú, poderá se tomar a decisão de plantar, ou não, nesta área.

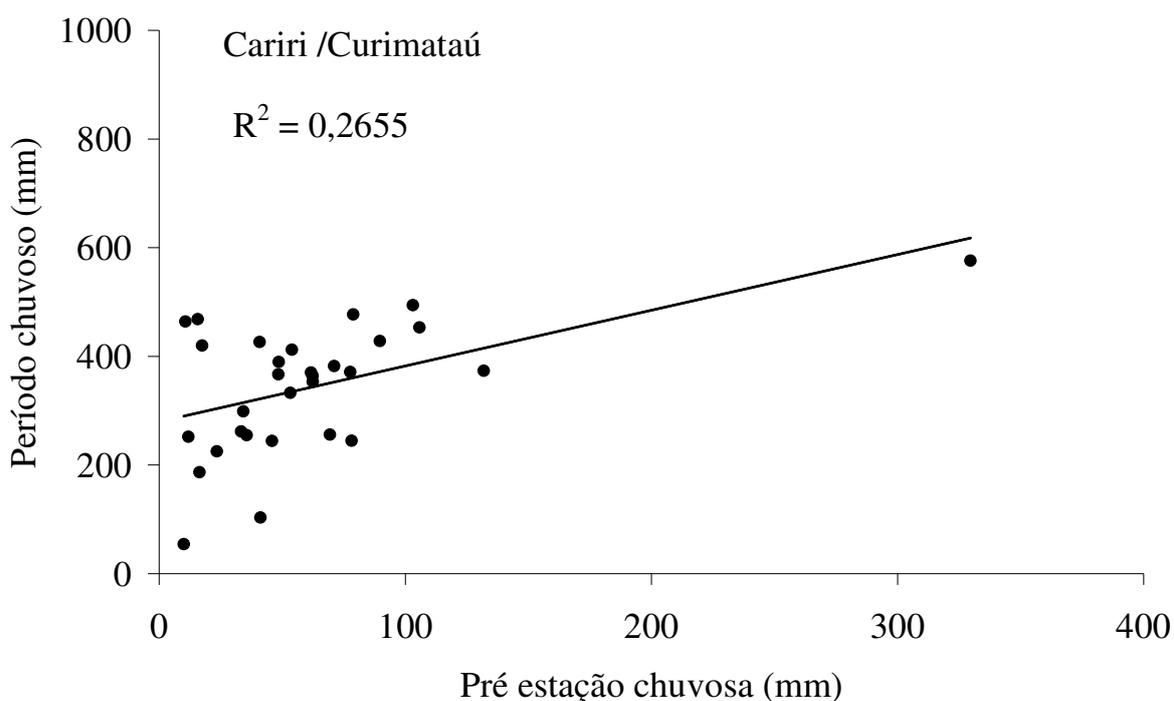


Figura 23. Relação linear entre as precipitações (mm) da pré-estação com a do período chuvoso para a microrregião do Cariri/Curimataú paraibano, no período de 1975 a 2005.

4.2.5. Relação da precipitação pluvial da pré-estação com o período chuvoso no Sertão paraibano

A microrregião do Sertão da Paraíba, assim como o Cariri/Curimataú, teve o trimestre mais chuvoso entre maio e julho. Deste modo, a precipitação pluvial para esta área determinou como pré-estação chuvosa os meses de fevereiro, março e abril, e a estação

chuvosa nos meses de maio, junho, julho e agosto. Assim o período chuvoso para o Sertão ficou entre fevereiro e agosto.

As precipitações pluviiais da pré-estação chuvosa, relacionadas com as do período chuvoso para o Sertão paraibano (Figura 24) apresentaram um coeficiente de correlação linear, $r = 0,47$, com correlação moderada para o nível de significância de 99%. Sendo assim, pode ser estimado através da equação de regressão (Tabela 9), se a precipitação no período chuvoso alcançará o volume necessário para um determinado cultivo agrícola, com uma confiabilidade moderada. E sabendo-se com antecedência das necessidades hídricas das culturas a serem implantadas na microrregião do Sertão, poderá se decidir plantar, ou não, nesta microrregião.

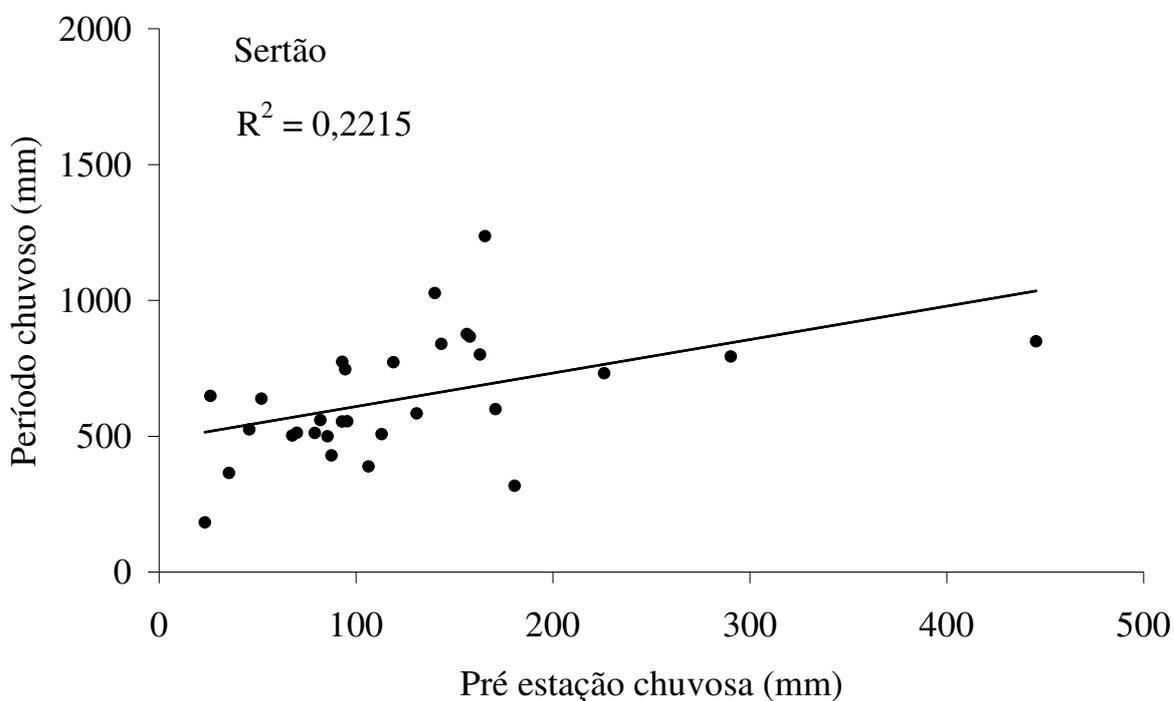


Figura 24. Relação linear entre as precipitações (mm) da pré-estação com a do período chuvoso para a microrregião do Sertão paraibano, no período de 1975 a 2005.

4.2.6. Relação da precipitação pluvial da pré-estação com o período chuvoso no Alto Sertão paraibano

Para o Alto Sertão paraibano, assim como para o Cariri/Curimataú e o Sertão, apresenta o trimestre mais chuvoso de maio a julho. A precipitação pluvial da pré-estação chuvosa nesta área se verifica nos meses de fevereiro, março e abril, e a estação chuvosa nos meses de maio, junho, julho e agosto. Assim o período chuvoso para o Alto Sertão também ocorre de fevereiro a agosto.

Para o Alto Sertão paraibano, as precipitações pluviais da pré-estação chuvosa relacionadas, com as do período chuvoso (Figura 25), assim como para o Cariri/Curimataú e o Sertão, apresentaram um coeficiente de correlação linear, $r = 0,58$ (significância de 99%) com correlação moderada, podendo-se estimar através da equação de regressão linear encontrada para esta microrregião (Tabela 9), se a precipitação no período chuvoso alcançará o volume necessário para um determinado cultivo agrícola, com uma confiabilidade regular, e sabendo-se com antecedência das necessidades hídricas das culturas a serem implantadas na microrregião, poderá se decidir plantar, ou não, no Alto Sertão.

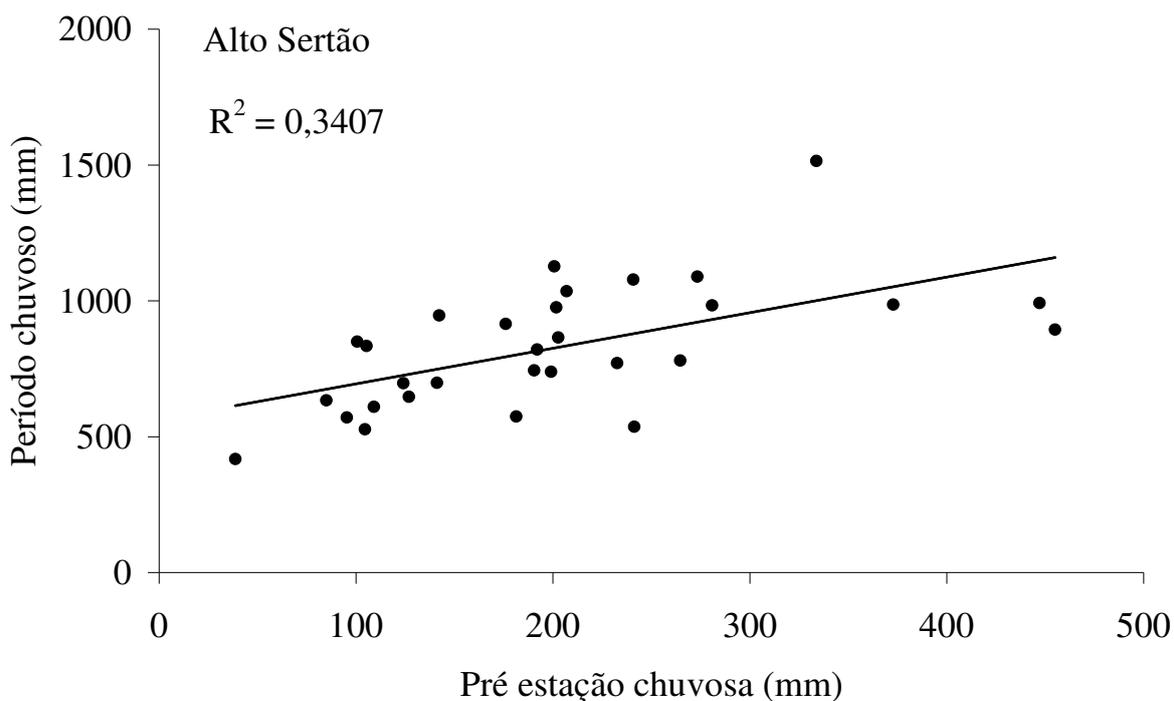


Figura 25. Relação linear entre as precipitações (mm) da pré-estação com a do período chuvoso para a microrregião do Alto Sertão paraibano, no período de 1975 a 2005.

A aplicação de modelos matemáticos para a previsão dos volumes precipitados nos períodos chuvosos das seis microrregiões do estado da Paraíba, é uma alternativa para auxiliar nas decisões dos agricultores locais, de plantar determinada cultura, simplesmente utilizando os valores das precipitações das pré-estações chuvosas da microrregião de interesse. Os modelos de regressão linear entre as chuvas das pré-estações e períodos chuvosos obtidos para as microrregiões paraibanas (Tabela 9) poderão ser utilizados com facilidade e um grau de confiabilidade de moderado. Deste modo, poderá ser evitada a perda da safra de determinado produto agrícola, por não se ter a indicação de que a precipitação para todo o período chuvoso será suficiente para suprir as necessidades hídricas das culturas desejadas.

Tabela 9. Modelos matemáticos obtidos pelas regressões lineares entre as precipitações pluviiais na pré-estação chuvosa (PEC) e no período chuvoso (PC) das seis microrregiões da Paraíba.

Microrregiões	Modelos	R ²	r
Litoral	PC = 1,3907PEC + 590,05	0,4366	0,66
Brejo	PC= 1,2886PEC + 439,30	0,6397	≈0,80
Agreste	PC = 1,1342PEC + 329,13	0,6413	0,80
Cariri/Curimataú	PC = 1,0246PEC + 279,92	0,2655	0,52
Sertão	PC = 1,2304PEC + 486,49	0,2215	0,47
Alto Sertão	PC = 1,3088PEC + 563,74	0,3407	0,58

4.3. Caracterização da produtividade agrícola de algumas culturas na Paraíba

As culturas agrícolas têm necessidades hídricas que precisam ser satisfeitas nas diversas fases (estádios) fenológicas das plantas, desde a germinação da cultura, passando pelo desenvolvimento, floração, formação e crescimentos dos grãos ou frutos, até atingir a maturação e colheita. Os estádios fenológicos têm diferentes durações, o que implica no tempo total de produção.

Diferentemente das culturas com ciclos de produção curtos, de três a seis meses, a cana-de-açúcar e o abacaxi têm ciclos de produção longos, acima de doze meses. Deste modo, para se relacionar a produtividade dessas culturas com as precipitações, foi necessário totalizar as precipitações pluviiais durante dezesseis meses, abrangendo uma estação (quadra) chuvosa de quatro meses no ano de implantação da cultura, seguida por um período de estiagem com cinco meses, geralmente no final do ano de implantação e início do ano da colheita, quando ocorrem precipitações esporádicas e de pequena quantidade, concluindo com o período chuvoso com sete meses no ano da colheita, que compreende uma pré-estação

chuvosa com três meses e uma estação (quadra) chuvosa com quatro meses de duração, perfazendo o total de dezesseis meses de informações pluviométricas. Estes procedimentos foram realizados para as microrregiões do Litoral e Brejo paraibanos (Figura 26), principais áreas de cultivo da cana-de-açúcar e o abacaxi no Estado.

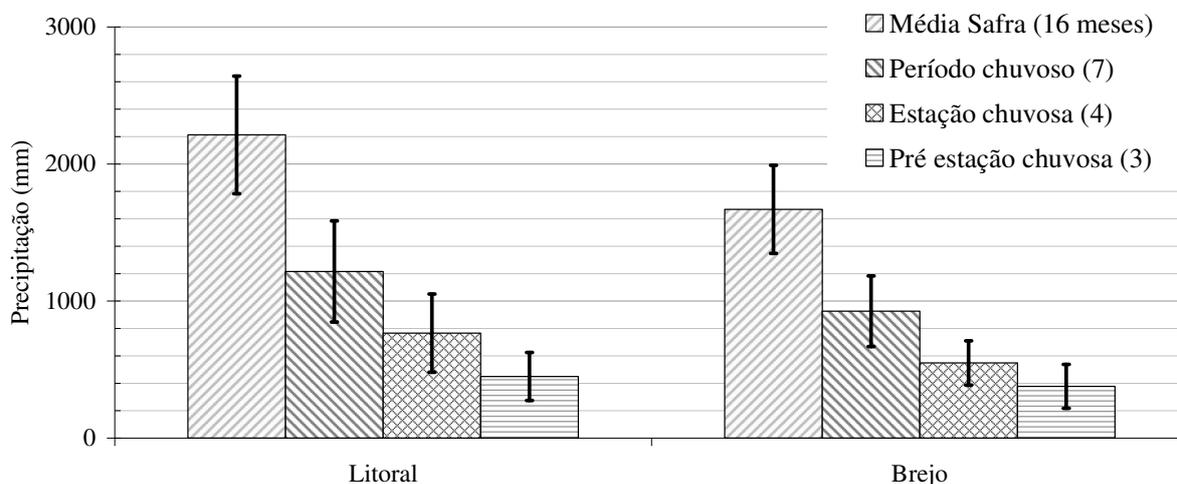


Figura 26. Precipitações médias (mm) da safra (16 meses), período chuvoso (7 meses), estação chuvosa (4 meses) e pré-estação (3 meses), para as microrregiões do Litoral e Brejo da Paraíba, médias de 1975 a 2005. As linhas verticais são os desvios-padrão

4.3.1. A participação da Paraíba na produção de Cana-de-açúcar do Brasil

Importante cultura agrícola para o Brasil desde o período da colonização pelos europeus, ainda no século XVI, a cana-de-açúcar tem peso econômico significativo para o país, o maior produtor mundial. Em 2005 o Brasil colheu uma safra de 423 milhões de toneladas de cana-de-açúcar (Figura 27), distribuídas em diversas regiões brasileiras, principalmente no Sudeste e no Nordeste que foi responsável por cerca de 60 milhões de toneladas ou 14,2 % desse total.

A produção brasileira de cana-de-açúcar tem crescido sistematicamente nos últimos quinze anos, devido às melhorias genéticas de novos cultivares, mais adaptados aos diferentes

tipos de solo e clima do Brasil. O interesse internacional pelos combustíveis renováveis, como o álcool hidratado, utilizado no Brasil há mais de trinta anos, também aqueceu o mercado produtor.

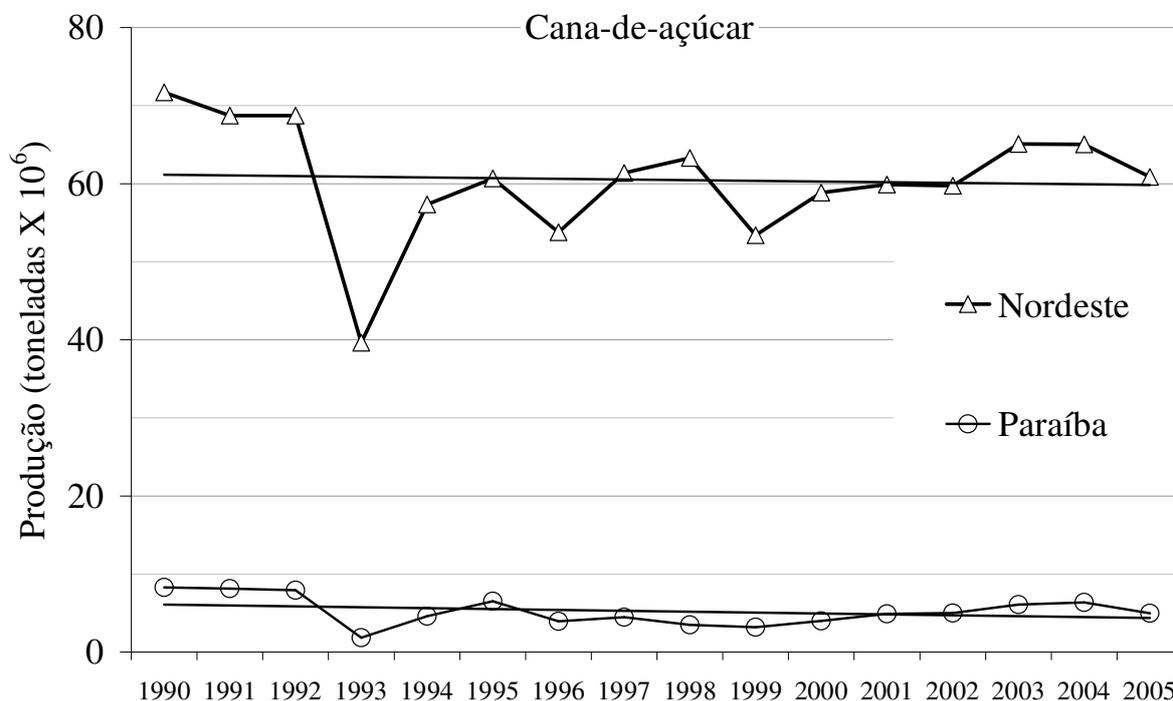


Figura 27. Produção anual de cana-de-açúcar (milhões de toneladas) na Paraíba, no Nordeste e no Brasil, no período de 1990 a 2005, em negrito as linhas de tendências. Fonte IBGE.

Enquanto a produção nacional de cana-de-açúcar vem registrando aumentos consecutivos de produção desde 1990, exceto em alguns anos, como 1993 que foi influenciado por um fortíssimo evento de El Nino - Oscilação Sul (ENOS), a produção da Paraíba, vem sofrendo uma redução considerável, apesar de ter apresentado uma recuperação a partir de 1999. A tendência de queda na produção do Estado está relacionada também à redução da área plantada, que em 1990 era de cerca de 160 mil hectares, caindo para pouco mais de 92.000 ha em 1993, e no ano de 2005 atingiu a área de 105.000 ha. A área ocupada com cana-de-açúcar no Brasil vem crescendo constantemente, saindo de aproximadamente 4,3 milhões de hectares em 1990 para cerca de 5,8 milhões de hectares em 2005.

A Paraíba, como quase todos os Estados nordestinos, tem uma participação significativa na produção de cana-de-açúcar. No início da década de 1990, a produção paraibana representava mais de 3% do total nacional, ou aproximadamente oito milhões de toneladas. Essa participação foi sendo reduzida gradativamente durante os anos subseqüentes, até alcançar em 2005 a produção de aproximadamente 4,9 milhões de toneladas, que representaram cerca 1,2% do produzido no país. A produção paraibana significou 8,2% de toda a cana-de-açúcar colhida no Nordeste inteiro no ano de 2005.

Apesar da produção de cana-de-açúcar na Paraíba ter diminuído nos últimos dezesseis anos (1990-2005), a tendência da produtividade é de recuperação com leve crescimento. No início dos anos de 1990, a produtividade paraibana alcançava as 52,3 ton.ha⁻¹ no ano de 1991, após grandes oscilações durante o período, a produtividade voltou a atingir valores maiores nos anos de 2003 e 2004 quando foram registradas 54,4 e 54,5 ton.ha⁻¹, respectivamente. Em 2005, a produtividade na Paraíba chegou as 47,2 ton.ha⁻¹.

No ano de 1993, houve redução geral tanto na produção como na área cultivada no Estado, concomitantemente ocorreu a influência de um evento de ENOS, resultando em queda abrupta da produtividade, de aproximadamente 51,6 ton.ha⁻¹ em 1992, para cerca de 19,8 ton.ha⁻¹. A estiagem prolongada provocada pela anomalia do ENOS, em 1993, causou quebra nas safras paraibana e nacional. A situação de estresse hídrico resultou em plantas de menor porte e baixa qualidade, refletindo na produtividade.

A situação da cultura canavieira paraibana começou a se recuperar a partir de 1999, quando tanto a área plantada como a produção experimentou crescimento, refletindo na melhoria da produtividade observada nos anos seguintes, até 2004.

Em 1993, todas as áreas foram influenciadas pelo evento de ENOS que provocou redução drástica na produção naquele ano.

As produções dessas duas microrregiões (Litoral e Brejo) representam quase que a totalidade da produção paraibana de cana-de-açúcar. Em 1990, o Litoral colheu cerca de 5,31 milhões de toneladas ou 64,2% da produção da Paraíba, enquanto que o Brejo foi responsável por 2,77 milhões de toneladas ou 33,5% do total do Estado. Em 2001, as participações do Litoral e Brejo foram de 82,3% e 16,7%, e em 2005 atingiram 73,3% ($3,64 \times 10^6$ ton) e 25,8% ($1,28 \times 10^6$ ton), respectivamente (Figura 28).

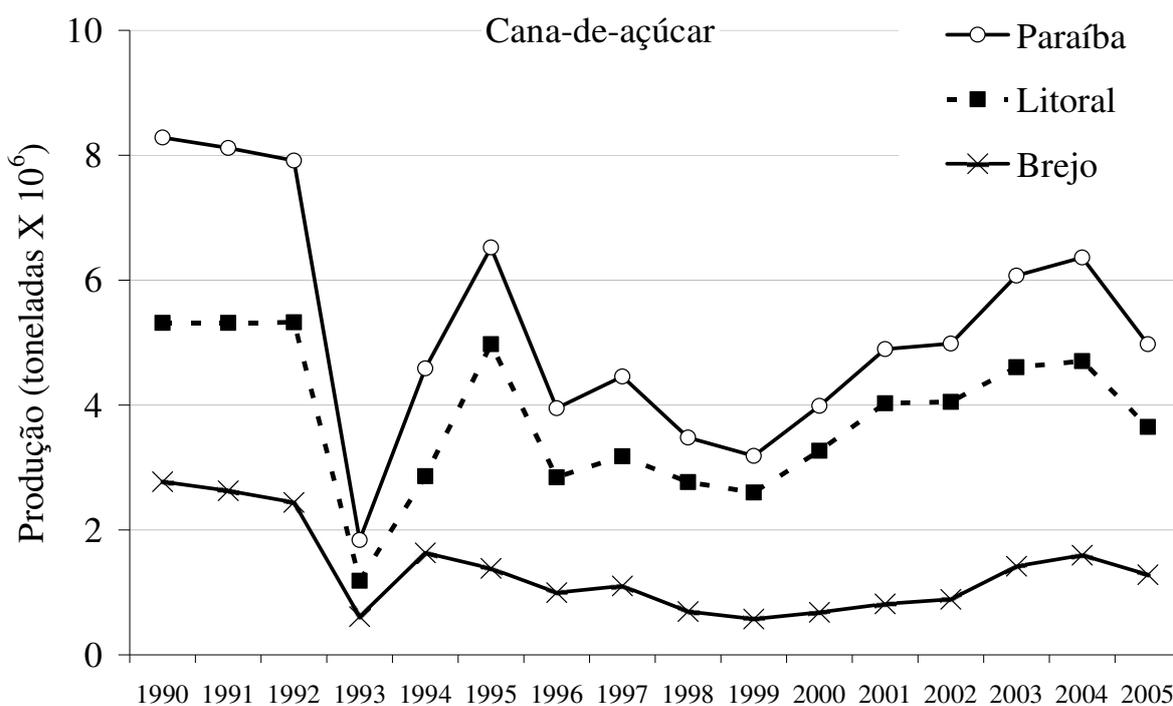


Figura 28. Produção anual de cana-de-açúcar (milhões toneladas) nas microrregiões do Litoral, do Brejo e de toda a Paraíba, no período de 1990 a 2005. Fonte IBGE

4.3.1.1. Relação da precipitação pluvial com a produtividade de Cana-de-açúcar no Litoral da Paraíba

Para análise das relações entre a produtividade de cana-de-açúcar e as precipitações pluviais na Paraíba, foi escolhida a microrregião do Litoral por representar a maior parte da produção do Estado (73,3% em 2005).

As informações das precipitações pluviais na microrregião do Litoral, foram compostas pelos eventos ocorridos durante dezesseis meses, representativos da safra de cana-de-açúcar, e consideradas como a precipitação da safra.

As culturas de ciclo longo têm necessidades hídricas particulares como descrito no item 4.3, por isso, para as correlações foi utilizado o critério da precipitação da safra e não das épocas de pré-estação chuvosa e estação chuvosa.

Valores da produtividade da cana-de-açúcar (ton ha^{-1}) e da precipitação pluvial (mm) para os dezesseis meses considerados como da safra, na microrregião do Litoral paraibano apresentaram variações proporcionais, no período analisado (1991-2005), principalmente no período de 1991 a 2000 (Figura 29).

A redução considerável da produtividade, observada no ano de 1993, como já discutido anteriormente, foi causada pela ocorrência de um forte evento de ENOS, que provocou diminuição na precipitação. O total de precipitação apresentado na Figura 29, não parece muito pequeno porque considera as precipitações ocorridas durante os dezesseis meses da safra (de maio de um ano a agosto do ano seguinte).

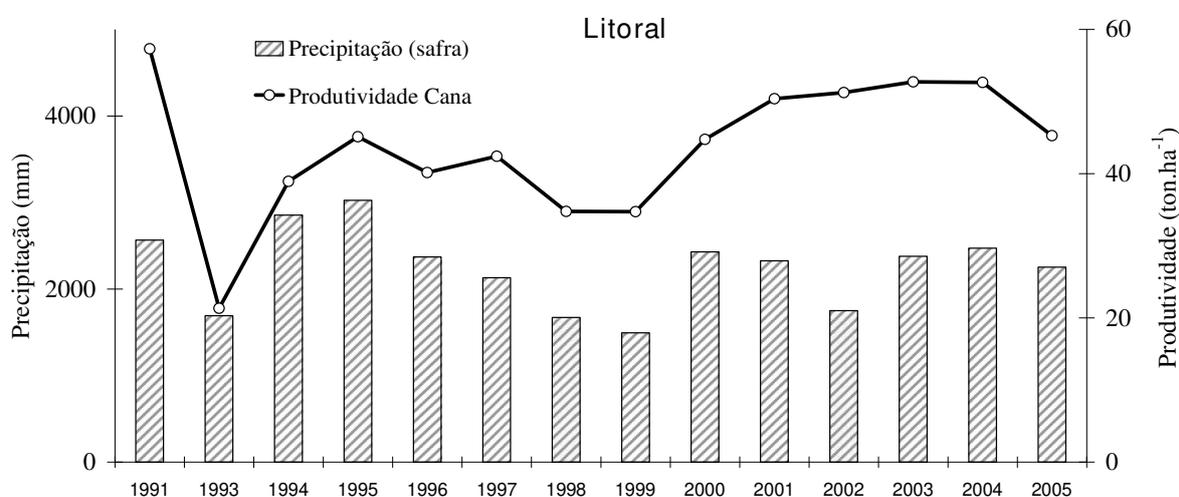


Figura 29. Produtividade anual de cana-de-açúcar (toneladas por hectare) na microrregião do Litoral do estado da Paraíba, no período de 1990 a 2005, e a precipitação pluvial (mm) durante o ciclo da cultura (Fontes: IBGE e AESA)

Para determinar a correlação entre a precipitação pluvial e a produtividade de cana-de-açúcar, foram calculadas, a quantidade de água precipitada durante toda a safra que estaria disponível para as plantas, e a produtividade que é o resultado da divisão da produção pela área plantada.

O coeficiente de correlação ($r = 0,65$) a um nível de significância de 99% com correlação moderada entre a precipitação durante a safra e a produtividade de cana-de-açúcar no Litoral paraibano. Desta maneira seria possível estimar qual a produtividade dessa microrregião, com uma confiabilidade regular, através da seguinte equação de regressão polinomial de terceira ordem (Tabela 10), utilizando-se apenas da informação da precipitação. Essa correlação indicou que seria necessário um volume de água disponível para a cana-de-açúcar em torno de $6,0 \text{ mm dia}^{-1}$, durante o período da safra, que neste estudo foi de 16 meses ou 480 dias, para se obter uma produtividade, por volta de 50 ton.ha^{-1} .

Os testes realizados com modelos matemáticos utilizando apenas a precipitação pluvial da pré-estação chuvosa ou do período chuvoso como variável independente não foram suficientes para estimar a produtividade da cana-de-açúcar no Litoral paraibano, pois pequenas quantidades acumuladas de precipitação são suprem as necessidades hídricas da cultura.

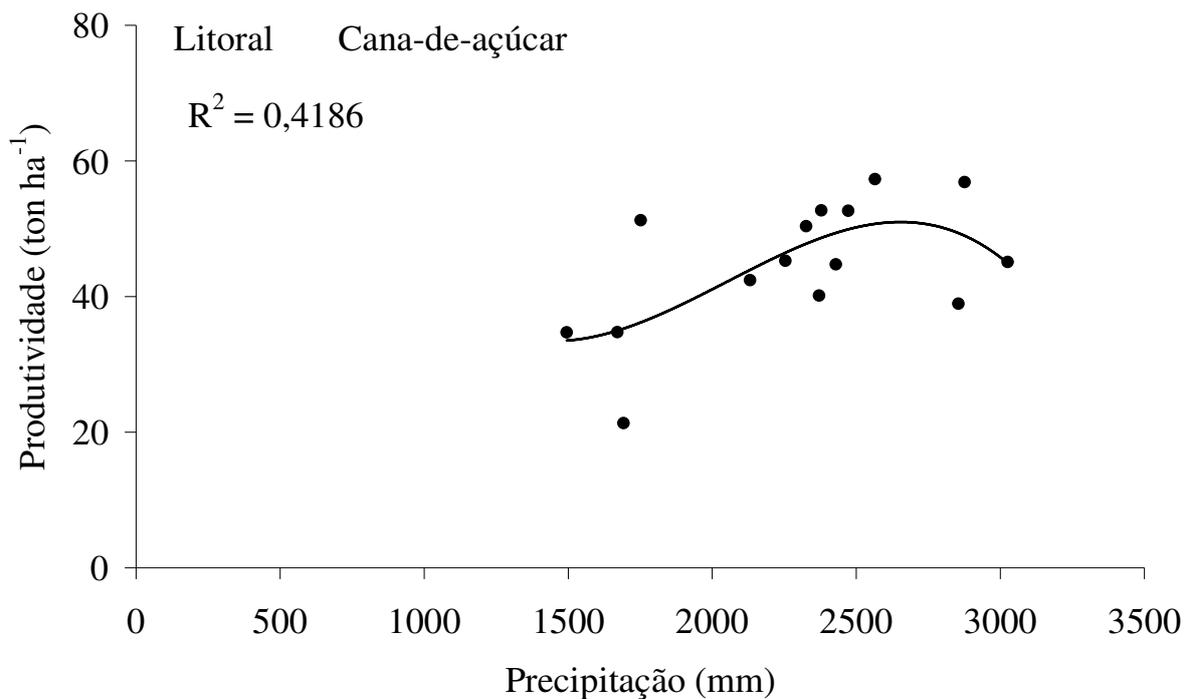


Figura 30. Correlação polinomial da precipitação pluvial (mm) durante o ciclo da cana-de-açúcar com a produtividade (ton.ha-1) da microrregião do Litoral da Paraíba, no período de 1990 a 2005

4.3.2. A participação da Paraíba na produção de Abacaxi do Brasil

A fruticultura tem sido cada vez mais importante para a economia no Brasil. Como o país possui grande disponibilidade de áreas agricultáveis, as mais diversas variedades são plantadas. A variação climática das regiões geográficas brasileiras também é fator de relevância na fruticultura nacional.

Entre as culturas implantadas no Brasil, a do abacaxi tem se destacado na atualidade, principalmente nas regiões Norte e Nordeste, e particularmente na Paraíba.

O abacaxi tem aumentado sua produção constantemente nos últimos quinze anos no Brasil, a adaptação das novas variedades desenvolvidas aos diferentes tipos de solo e clima brasileiros favorece esse crescimento. O mercado interno consome quase a totalidade da

produção, sendo também uma pequena parte exportada, o que incentiva o investimento na produção.

Em 2005 o Brasil colheu uma safra de aproximadamente de 1,5 bilhões de frutos (Figura 31), o Nordeste foi responsável por cerca de 665 milhões de frutos ou 43,5 % da produção brasileira.

A Paraíba tem papel importante na produção nacional de abacaxi. Em 2005, foi responsável por mais de 325,6 milhões de frutos, que representaram cerca de 21,2% do total produzido no Brasil. Desde o início da década de 1990, se destacou na produção nacional, com uma pequena redução na quantidade na safra de 1996, devido aos problemas tributários no Estado.

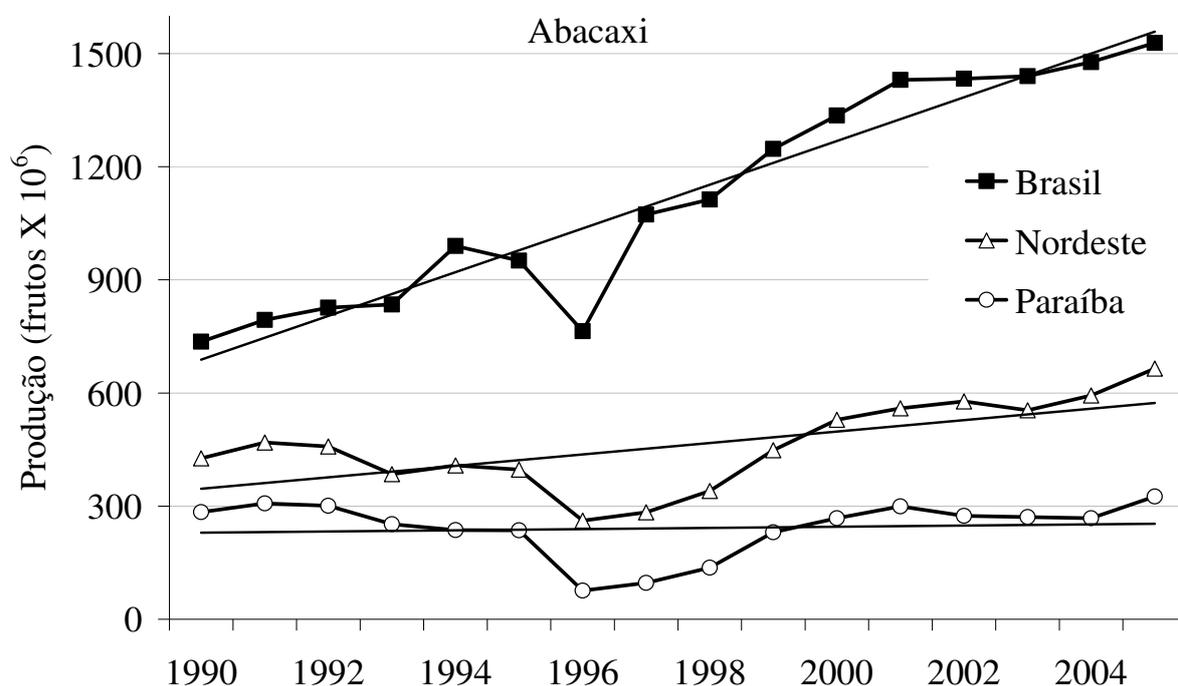


Figura 31. Produção anual de Abacaxi (milhões de frutos) no Brasil, no Nordeste e na Paraíba no período de 1990 a 2005, e suas linhas de tendências. Fonte IBGE

No início da década de 1990, a produção paraibana representava quase 40% do total nacional, ou aproximadamente trezentos milhões de frutos. Essa participação foi sendo reduzida gradativamente durante os anos subseqüentes, até atingir a menor representatividade

em 1997 quando sua produção ficou abaixo de dez por cento do total brasileiro. Depois dessa época de queda, a produção paraibana retomou o crescimento, porém não conseguiu mais acompanhar o ritmo da produção de alguns outros Estados brasileiros, e sua participação na produção nacional reduziu até atingir em 2005 uma participação na produção nacional de aproximadamente 21,3% ou cerca de 325,6 milhões de frutos.

Apesar de ter reduzido a sua participação no total da produção nacional entre 1990 e 2005, a Paraíba conseguiu aumentar a produção de abacaxi no mesmo período. Esse crescimento refletiu na produtividade estadual que também melhorou durante esse intervalo. Saindo de mais de 22 mil frutos por hectare em 1990, caindo para cerca de 17 mil frutos por hectare em 1996, e retomando o crescimento até alcançar a marca de 29.300 frutos por hectare em 2005.

Como a cana-de-açúcar o abacaxi se desenvolve Litoral e Brejo. Essas duas microrregiões respondem por quase todo abacaxi produzido no Estado. Em 1996 sofreram uma redução drástica na produção, devido à taxaço tributária imposta pelo Estado.

Em 1990, o Litoral colheu cerca de 163 milhões de frutos que representaram 57,4% da produção da Paraíba, enquanto que o Brejo foi responsável por aproximadamente 115 milhões de frutos ou 40,5% do total do Estado. Na queda de produção do ano de 1996, as participações do Litoral e Brejo foram de 53,5 milhões de frutos, ou 70% e 21,3 milhões de frutos, ou 28,3%, respectivamente. Após os anos de recuperação, a microrregião do Litoral se destacou na produção paraibana, e em 2005 atingiu a marca de 226 milhões de frutos, que representaram 69,5% do total do Estado. A microrregião do Brejo produziu cerca de 99 milhões de frutos, ou 30,5%, as duas áreas produziram praticamente todo o abacaxi na Paraíba (Figura 32).

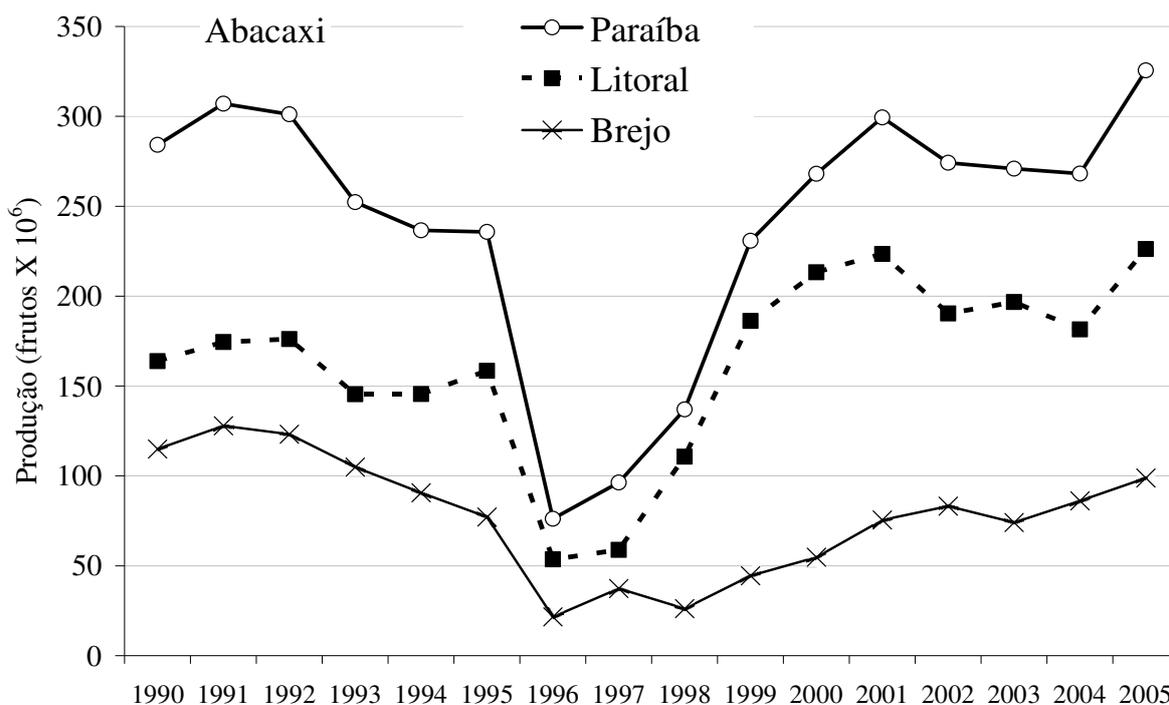


Figura 32. Produção anual de Abacaxi (milhões de frutos) nas microrregiões do Litoral, do Brejo e de toda a Paraíba, no período de 1990 a 2005, (Fonte: IBGE)

4.3.2.1. Relação da precipitação pluvial com a produtividade de Abacaxi

no Litoral da Paraíba

Foi escolhida a microrregião do Litoral para o estudo das relações entre a produtividade de abacaxi e as precipitações pluviométricas na Paraíba, por essa área representar cerca de 70% da produção da Paraíba.

As informações das precipitações pluviométricas na microrregião do Litoral foram compostas pelos totais mensais de dezesseis meses, representando a safra de abacaxi, e denominada de precipitação da safra.

Valores da produtividade do abacaxi (milhares de frutos por hectare) e da precipitação pluvial (mm) para os dezesseis meses considerados como da safra, na microrregião do Litoral paraibano não mostraram variações proporcionais entre si, no período de 1990 a 2005 (Figura

33). Deste modo, as correlações entre essas variáveis apresentaram resultados inexpressivos, mesmo quando testada a produtividade com as precipitações da pré-estação chuvosa (três meses), do período chuvoso (sete meses) e anual (doze meses). As equações de regressões polinomiais de terceira ordem obtidas para as microrregiões do Litoral e Brejo com $r = 0,620$ (nível de significancia de 99%) e $r = 0,442$ (nível de significancia de 99%), respectivamente, estão apresentadas na Tabela 10.

O fato de a produtividade do abacaxi não ter apresentado correlações significativas com as diferentes medida de precipitação pluvial mostra que essa cultura agrícola pode depender muito mais de outros fatores climáticos, tais como temperatura do ar ou radiação solar, ou como com as características de composição do solo e adubação.

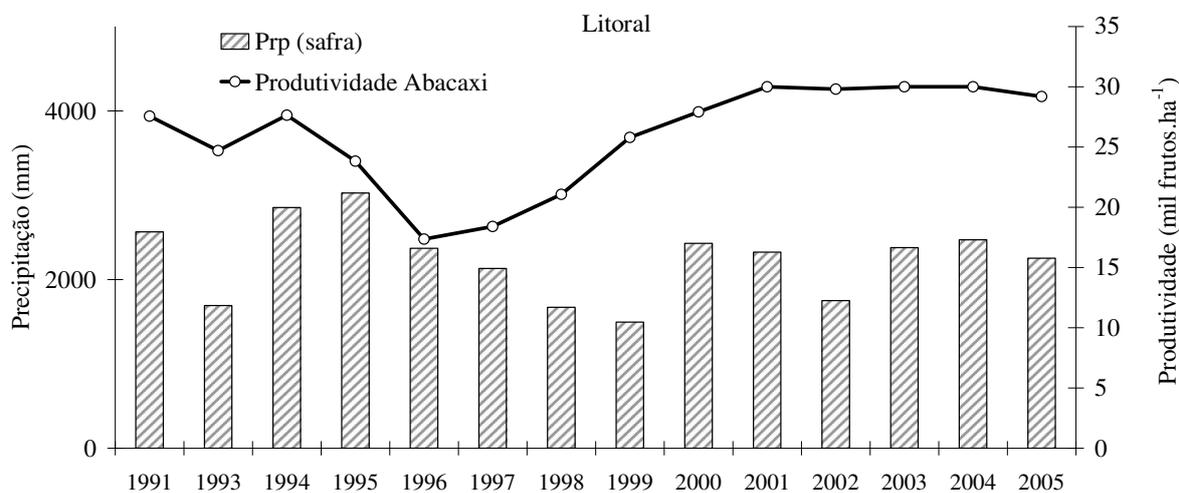


Figura 33. Produtividade anual de Abacaxi (milhares de frutos por hectare) na microrregião do Litoral do estado da Paraíba, no período de 1990 a 2005, e a precipitação pluvial (mm) durante o ciclo da cultura (Fontes: IBGE e AESA)

4.3.3. Relação da precipitação pluvial com a produtividade de Algodão herbáceo na Paraíba

O cultivo do algodão herbáceo na Paraíba se espalha pelas localidades das microrregiões do Cariri/Curimataú, Sertão e Alto Sertão. A microrregião mais importante do Estado na produção de algodão herbáceo é o Sertão, que responde pela maior parte da produção (Figura 34).

Há muita oscilação na produção anual do algodão herbáceo na Paraíba. No período de 1990 a 2005, houve quedas no total produzido nos anos de 1993, provavelmente devido ao forte evento de ENOS; em 1996, depois em 1998, em 2001 e 2005, nesses quatro ciclos de queda na produção estão associados com as variações da precipitação pluvial, pois esta cultura é bastante sensível à deficiência hídrica. O fato de ser uma planta de produção rápida faz com que o algodoeiro sinta os efeitos de pequenas variações climáticas, como os períodos de alguns dias sem precipitação pluvial durante as estações chuvosas (veranicos), prejudicam a qualidade do produto, nos estádios fenológicos de maior necessidade hídrica.

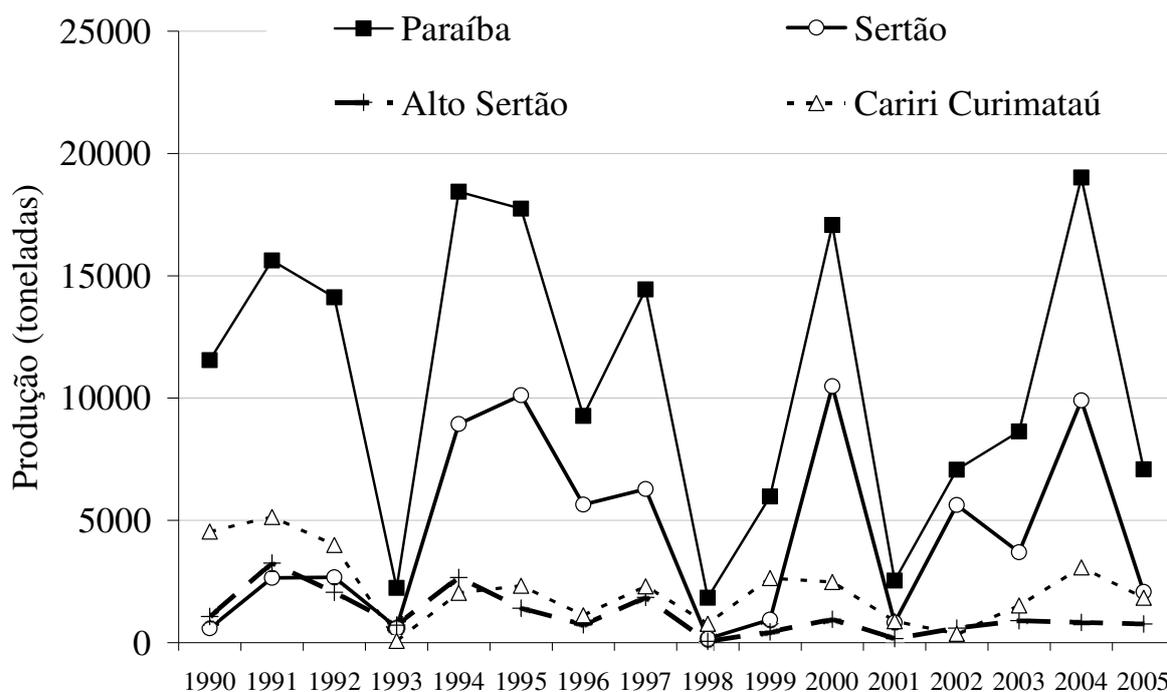


Figura 34. Produção anual de Algodão herbáceo (toneladas) no estado da Paraíba e nas três microrregiões, Sertão, Alto Sertão e Cariri/Curimataú, no período de 1990 a 2005. Fonte IBGE

As informações das precipitações pluviiais na microrregião do Sertão foram compostas pelos totais mensais de sete meses, de dezembro a junho, representando o período chuvoso. Valores da produtividade do Algodão herbáceo (kg ha^{-1}) e da precipitação pluvial (mm) para o período chuvoso, na microrregião do Sertão paraibano mostraram variações proporcionais entre si, no período de 1990 a 2005 (Figura 35).

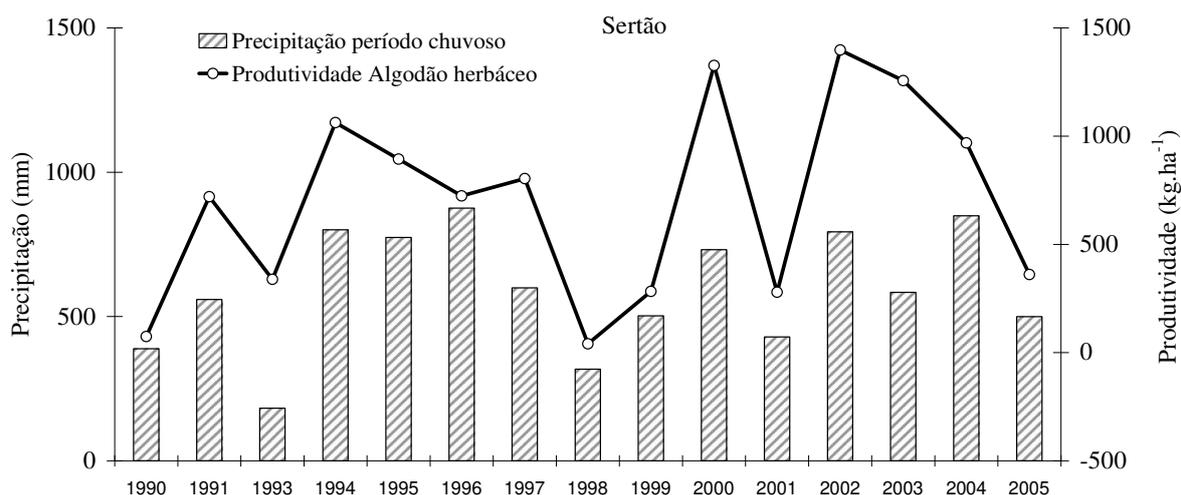


Figura 35. Produtividade anual de Algodão herbáceo (kg ha⁻¹) na microrregião do Sertão do estado da Paraíba, no período de 1990 a 2005, e a precipitação pluvial (mm) durante o período chuvoso (Fontes: IBGE e AESA)

A obtenção da correlação entre a precipitação pluvial do período chuvoso (*PC*) e a produtividade de algodão herbáceo resultou em um coeficiente de correlação ($r = 0,92$) a um nível de significância de 99% indicando uma forte correlação entre a precipitação durante os sete meses do período chuvoso e a produtividade de algodão herbáceo na microrregião do Sertão paraibano (Figura 36).

Assim sendo, é possível estimar a produtividade dessa microrregião, com um bom grau de confiabilidade, através da seguinte equação de regressão polinomial de terceira ordem mostrada na Tabela 10, utilizando-se apenas da informação da precipitação pluvial do período chuvoso, que por sua vez, já se apresentou bem correlacionado com as precipitações dos três meses da pré-estação chuvosa. Essa correlação indicou que seria necessário uma altura pluviométrica de chuva em torno de 3,5 a 4,0 mm dia⁻¹, ou por volta dos 800 mm durante o período chuvoso, aproximadamente 210 dias, para se ter uma produtividade, próxima de 1,5 ton ha⁻¹.

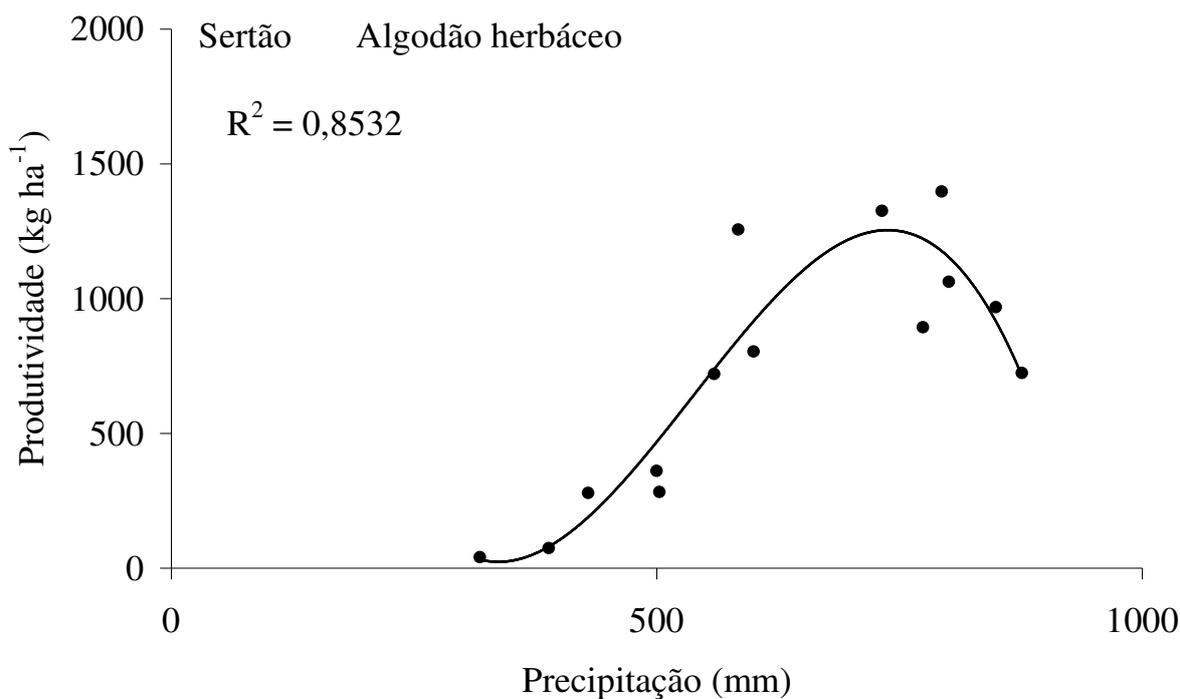


Figura 36. Correlação da precipitação pluvial (milímetro) durante a estação chuvosa com a produtividade do Algodão herbáceo (kg ha⁻¹) da microrregião do Sertão do estado da Paraíba, no período de 1990 a 2005

4.3.4. Relação da precipitação pluvial com a produtividade de Sisal na Paraíba

Apenas a microrregião do Cariri/Curimataú produz Sisal de maneira significativa na Paraíba.

Houve grande variação da produção anual do Sisal na Paraíba no período de 1990 a 2005. Uma redução acentuada dos totais anuais produzidos em 1990, 1991 e 1992, que foram da ordem de 57,3; 58,7 e 50,9 mil toneladas, respectivamente, para cerca de 10,4 mil toneladas em 1993, provavelmente devido ao forte evento de ENOS daquele ano (Figura 37).

Nos anos de 1994 e 1995 houve uma reação na produção, que se recuperou um pouco, passando para a casa das 27,2 e 23,5 mil toneladas, respectivamente. Depois de breve elevação, a produção de Sisal na Paraíba voltou a despencar para cerca de 8,7 mil toneladas

em 1996, permanecendo nesse patamar até 1998, quando sofreu nova queda, passando para uma produção de aproximadamente 5 mil toneladas por ano entre 1999 e 2001, e em 2002 atingiu sua menor quantidade produzida com apenas 4,5 mil toneladas, passando depois a se recuperar levemente em 2003 e 2004, até alcançar uma produção aproximada de 8,8 mil toneladas em 2005.

A queda na produção de Sisal está associada mais com os efeitos da maior disponibilidade de fibras sintéticas ofertada no mercado consumidor durante a década de 1990, do que com as variações climáticas.

A microrregião do Cariri/Curimataú foi responsável por aproximadamente 84% de toda a produção de Sisal na Paraíba, desde 1990 até 2005.

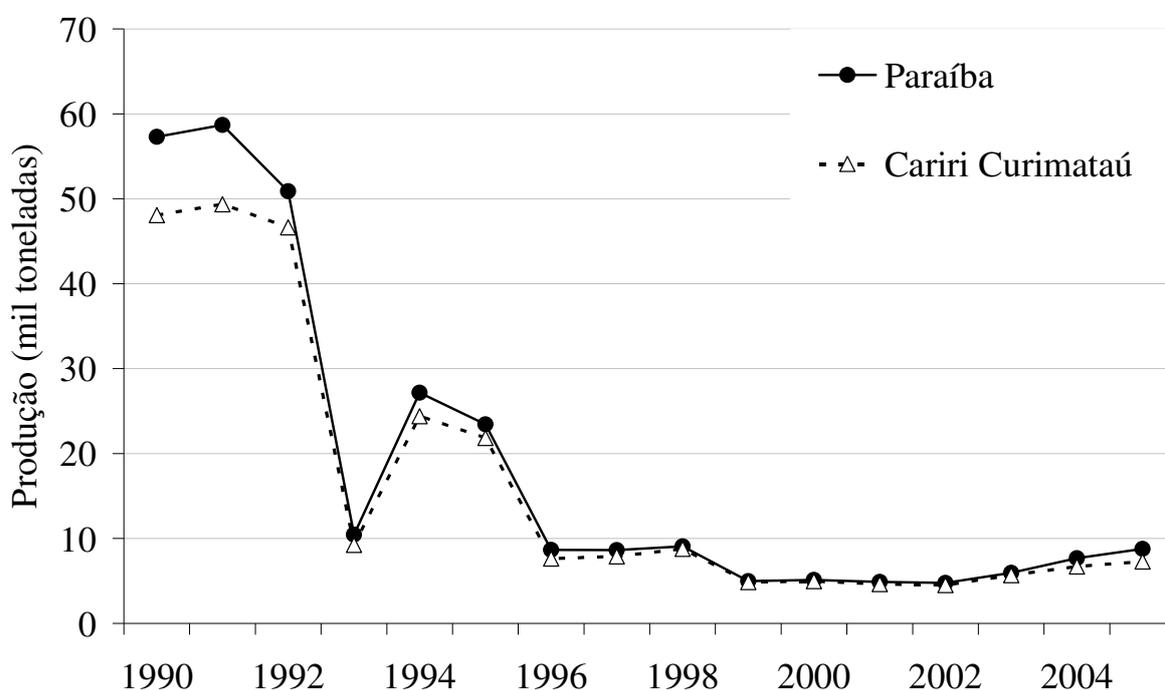


Figura 37. Produção anual de Sisal (toneladas) do estado da Paraíba e na microrregião do Cariri/Curimataú, no período de 1990 a 2005. Fonte IBGE

Valores das precipitações pluviométricas na microrregião do Cariri/Curimataú, foram compostas pelos totais mensais de sete meses, de dezembro a junho, representando o período

chuvoso. Valores da produtividade do Sisal (kg ha^{-1}) e da precipitação pluvial (mm) para o período chuvoso, na microrregião do Cariri/Curimataú mostraram variações proporcionais entre si, no período de 1990 a 2005 (Figura 38).

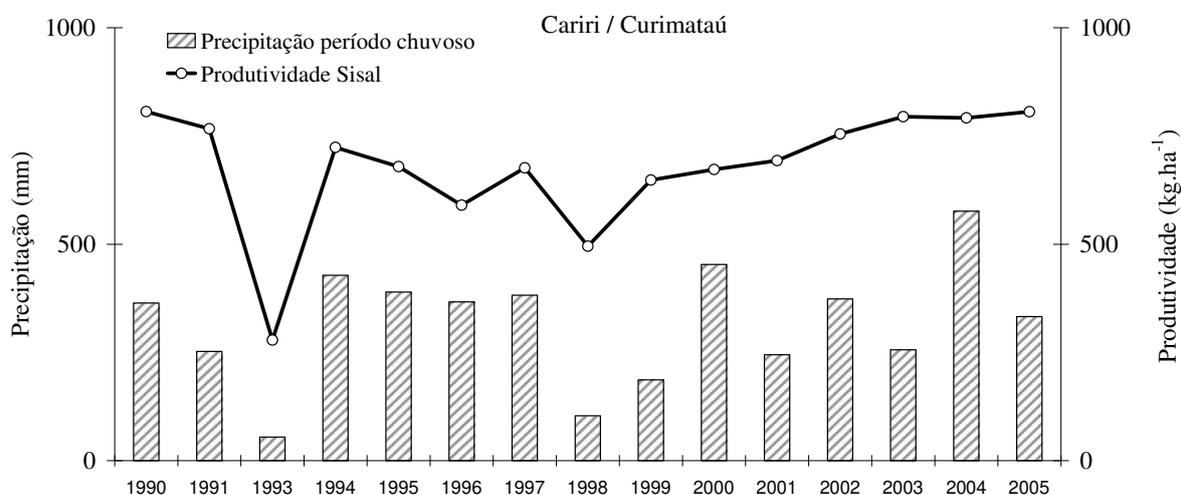


Figura 38. Produtividade anual de Sisal (kg ha^{-1}) na microrregião do Cariri/Curimataú do estado da Paraíba, no período de 1990 a 2005, e a precipitação pluvial (mm) durante o período chuvoso (Fontes: IBGE e AESA).

Uma correlação entre a precipitação pluvial do período chuvoso e a produtividade de Sisal resultou em um coeficiente ($r = 0,92$) a um nível de significância de 99%, apresentando uma forte correlação entre a precipitação durante os sete meses do período chuvoso e a produtividade do Sisal na microrregião do Cariri/Curimataú (Figura 39).

Deste modo, é possível estimar a produtividade do sisal na microrregião do Cariri/Curimataú com uma excelente confiança, através da seguinte equação de regressão polinomial de terceira ordem mostrada na Tabela 10, utilizando-se apenas da informação da precipitação pluvial do período chuvoso, que por sua vez, já se apresentou bem correlacionado com as precipitações dos três meses da pré-estação chuvosa. Essa correlação linear indicou que seriam necessários cerca de 500 mm durante o período chuvoso (210 dias),

uma precipitação em torno de 2,0 a 3,0 mm dia⁻¹, para se conseguir uma produtividade de aproximadamente 800 a 1000 kg por hectare cultivado com Sisal.

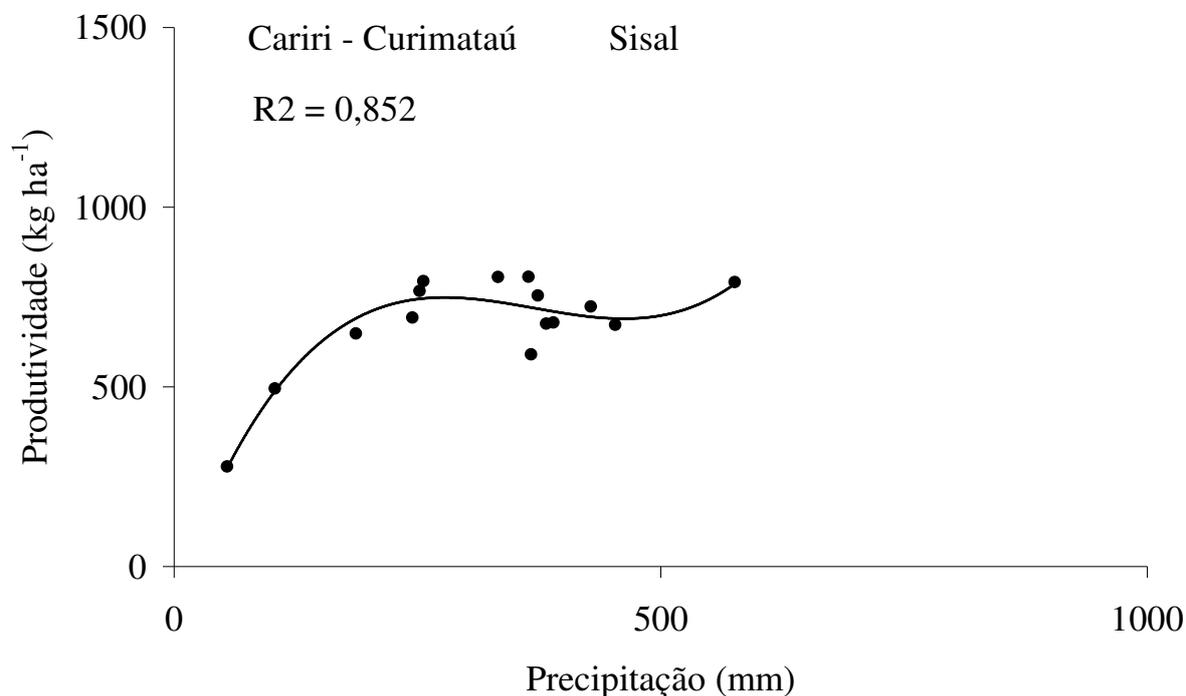


Figura 39. Correlação da precipitação pluvial (milímetro) durante o período chuvoso com a produtividade do Sisal (kg ha⁻¹) da microrregião do Cariri/Curimataú do estado da Paraíba, no período de 1990 a 2005.

As estimativas de produtividade agrícolas são importantes ferramentas para o planejamento do cultivo, visando minimizar as possíveis perdas. Os modelos entre as diferentes precipitações e as produtividades das culturas são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10. Modelos matemáticos obtidos pelas regressões polinomiais de terceira ordem entre as precipitações pluviárias durante a Safra (*PS*) e no período chuvoso (*PC*) e pré-estação (*PE*) com a Produtividade (*Pdv*) de algumas culturas agrícolas na Paraíba

Cultura	Microrregiões	Modelos	R ²	r
Cana-de-açúcar	Litoral	$Pdv = -2 \times 10^{-08} PS^3 + 0,0001 PS^2 - 0,2332 PS + 171,85$	0,4186	0,65
Abacaxi	Litoral	$Pdv = 5 \times 10^{-07} PE^3 - 0,0007 PE^2 + 0,2693 PE - 5,4239$	0,3841	0,62
Abacaxi	Brejo	$Pdv = 1 \times 10^{-06} PE^3 - 0,001 PE^2 + 0,2543 PE + 6,0573$	0,1956	0,44
Algodão herbáceo	Sertão	$Pdv = -3 \times 10^{-05} PC^3 + 0,051 PC^2 - 22,257 PC + 2924,2$	0,8532	0,92
Sisal	Cariri/Curimataú	$Pdv = 2 \times 10^{-05} PC^3 - 0,0211 PC^2 + 7,3258 PC - 65,295$	0,8520	0,92

5. CONCLUSÕES

1. Nas três microrregiões, Litoral, Brejo e Agreste do estado da Paraíba, a pré-estação chuvosa caracterizou-se em fevereiro, março e abril, representando cerca de 40% da precipitação do período chuvoso, compreendido de fevereiro a agosto.

2. Nas microrregiões do Cariri/Curimataú, Sertão e Alto Sertão da Paraíba, a pré-estação chuvosa definiu-se de novembro, dezembro e janeiro, representando cerca de 20% da precipitação do período chuvoso.

3. Pode-se estimar com certo grau de confiabilidade, se a precipitação no período chuvoso alcançará o volume ideal para produção de determinada cultura agrícola. E se conhecendo com antecedência as necessidades hídricas das culturas pode-se recomendar, ou não, o cultivo das mesmas naquele período.

4. A cana-de-açúcar no Litoral, e o abacaxi no litoral e no Brejo, dependem de outros fatores climáticos, pois somente a precipitação não foi suficiente para estimar suas produtividades.

5. Há fortes correlações ($r \approx 0,92$) entre as precipitações pluviiais ocorridas durante os sete meses do período chuvoso e as produtividades de algodão herbáceo na microrregião do Sertão paraibano e do Sisal na microrregião do Cariri/Curimataú.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcântara, C. R.; Da Silva, D. F.; Gomes, W. R. F.; Araújo, L. E. Análise Da Variabilidade Espaço-temporal e Tendência da Precipitação na Região Semi-árida do Estado da Paraíba. In: Simpósio Internacional de Climatologia, Fortaleza-CE. Anais: CD-ROM, SBMET, 2005a.

Amorim Neto, M.; Beltrão, N.E.M. Zoneamento do algodão herbáceo no Nordeste. p.211-227 In: EMBRAPA ALGODÃO. O agronegócio do algodão no Brasil. Brasília: Embrapa Comunicação para transferência de tecnologia. 1023p. 1999.

APROSICS: Custos de produção de sisal. Levantamento da Situação atual. Picuí [s.n],1997.

Araújo, L.E.; Campos, J.H.B.C.; Bandeira, M.M.; Becher, C.T. Disposição Mensal e Anual das Chuvas em Campina Grande – PB. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Santa Maria – RS. Anais: CD-ROM, SBA, 2003, p. 949-950, 2003.

- Araújo, A.E. Cultura do Algodão Herbáceo na Agricultura Familiar, EMBRAPA ALGODÃO, 2003. <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br> acessado em 10.12.2006.
- Bezerra, A. C. N.; Barreto, N. J. C.; Souza, A. R. E. S. Comportamento das Anomalias de Precipitação da Estação Chuvosa do Nordeste do Brasil (NEB) durante Fortes Anomalias de TSM nos Oceanos Adjacentes. In: Simpósio Internacional de Climatologia, Fortaleza-CE, Anais: CD-ROM, SBMET, 2005.
- Braga, C.C.; Silva, B. B. Determinação de Regiões Pluviometricamente Homogêneas no Estado da Paraíba. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, VI, Salvador - BA. Anais 1: 200-205, 1990.
- Brito, J. I. B.; Braga, C. C. Chuvas no Estado da Paraíba em 2004. Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia, Eventos Meteorológicos Significativos em 2004 – 2005, São José dos Campos – SP, v. 28, 2004 / v. 29, n. 1, p. 27-32, 2005.
- Brito, J. I. B.; Silva, M. C. L.; Costa, A. M. N.; Braga, C. C. Análise da Precipitação do Estado da Paraíba no Período de 1962-2001. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, XIII, Fortaleza-CE. Anais: CD-ROM, SBMET, 2004.
- Brito, J.I.B.; Nobre, C. A.; Zaranza, A.R.A.. Precipitação da pré-estação chuvosa e a previsibilidade da estação chuvosa no norte do Nordeste. *Climanálise*, 6(6): 39-53. 1991.
- Bussab, W. O.; Morettin, P. A. Estatística Básica. Atual Editora Ltda, São Paulo –SP. 4ª Ed., 322p., 1987.
- Cintra, F.N.; Andrade, P.; Alves, M.C.M. Avaliação dos Reflexos do Protocolo de Kyoto no Setor Sucroalcooleiro. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2004.

CNPA/EMBRAPA. Cultivo do sisal no Nordeste. Campina Grande:[s.n], 1997.

CPTEC/INPE, 1998: El Niño Especial. In the home page of:

<http://www.cptec.inpe.br/products/elniño/elniño1p.html> Acessado em 21.01.2007.

Da SILVA, D. F. Variabilidade Espacial e Temporal de Componentes dos Balanços de Água e de Energia sobre a Bacia do Rio São Francisco com Ênfase para a Região da ZCAS. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, UFCG, Campina Grande – PB, 131p, 2005.

Dias, F.L.F. Relação entre a produtividade, clima, solos e variedades de cana-de-açúcar, na Região Noroeste do Estado de São Paulo. Piracicaba, Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, 64p. il. 1997.

Dias, T. M. O.; Silva, M. A V.; Rocha, P. J.; Brito, C. A.; Tedesco, E. O.; Costa, L. V.; Cruz, A. A.; Pinheiro, A. S. Probabilidade de Veranicos para o Cerrado Baiano - 1. Estudo de Períodos de 20 Dias. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2005, Campinas-SP. Anais: CD-ROM, SBA.

EMBRAPA-CNPA. Disponível em <http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/sisal>, acessado em 16 de dezembro de 2005.

Epstein, L. A cultura do Abacaxizeiro na Bahia. Secretaria da Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária da Bahia. 1999, 8p.

Ferraz, E. S. B. Gamma-ray attenuation to measure water contents and/ or bulk densities of porous materials. In: Isotope and radiation techniques in soil physics And irrigation studies, 1983. Wien, AIEA, 1983. p.449-460.

- Freise, F. W. The Drought Region of Northeastern Brazil. *The Geographical Review*, v. 28, n. 3, p. 363-378, 1938.
- Gomes, A. Congresso do Arroz Irrigado. *Seeds News*, Pelotas - RS, v. 3, n. 5, p. 26, 1999.
- Gondim, T. M. S.; Azevedo, F. F. Diferenciação Floral do Abacaxizeiro cv. SNG-3 em Função da Idade da Planta e da Aplicação do Carbureto de Cálcio. *Revista Brasileira de Frutíferas*, Jaboticabal – SP, v. 24, n. 2, p. 420-425, 2002.
- Guerra, I. L. R. Tipos de Clima do Nordeste. *Revista Brasileira de Geografia*, v. 17, n. 4, p. 449-496, 1955.
- Hastenrath, S.; Greischar L.. Further work on the prediction of Northeast Brazil rainfall anomalies. *Journal of climate* 6(4): 743-758. 1993.
- Hastenrath, S. Variations in Low-latitude Circulation and Extreme Climatic Events in the Tropical Americas. *Journal of Atmospheric Society*, 33, 202-215, 1976.
- IBGE. Produção Agrícola Municipal 1975 – 1994, Estatísticas Básicas: Séries Retrospectivas. n. 7. Departamento de Agropecuária, Rio de Janeiro, RJ: 1997, 726p.
- IBGE. Disponível em <http://www.sidra.ibge.gov.br>, acessado em outubro de 2006.
- Innes, P.; Slingo, J.; Woolnough, S. The Madden-Julian Oscillation in General Circulation Models. Homepage do Centre for Global Atmospheric Modelling: 2003, 6p.
- IPCC, 2001: Climate Change 2001. The scientific basis. Eds. J. T. Houghton, Y. Ding, M. Nogua, D. Griggs, P. Vander Linden, K. Maskell, Cambridge Univ. Press., Cambridge, U.K

- Kayano, M. T.; Rao, V. B.; Moura, A. D. Tropical Circulations and the Associated Rainfall Anomalies During Two Contrasting Years, *Journal of Climatology*, 8, 477-488, 1988.
- Kessler, W. S. Representations of the Madden-Julian Oscillation and its Connection with ENSO. *Journal of Climate*, v. 14, p. 3055-3061, 2001.
- Kousky, V. E.; Ropelewski, C. F. Extremes in the Southern Oscillation and their Relationship to Precipitation Anomalies with Emphasis on the South American Region, *Revista Brasileira de Meteorologia*, 4, 351-363, 1989.
- Kousky, V.E. ; Kayano, M.T. ; Cavalcanti, I.F.A. A review of the southern oscillation oceanic atmospheric circulation changes and related rainfall anomalies. *Tellus*, 36 A: 490-504, 1984.
- Kousky, V.E; Cavalcanti, I.F.A.. Eventos Oscilação Sul / El Nino. Características, evolução e anomalias de precipitação. *Ciência e Cultura*, Vol.36(11):1888-1899, 1984.
- Mello, N.G.S.; Sakamoto, M.S.; Strang, D.M.G. Análise Climatológica Pluviométrica do Nordeste Brasileiro. São José dos Campos: Centro Técnico Aeroespacial – CTA, 1992. 70p (Relatório IAE-M-02/72).
- Menezes, H. E. A.; Silva, R. M.; Alves, L. M.; Camargo Júnior, H. Análise Subjetiva da Simulação de Precipitação do Modelo Eta Climático para o Nordeste do Brasil no Período entre Janeiro e Março de 2003. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, XIII, 2003, Santa Maria-RS. Anais: Santa Maria-RS: SBA, p. 811-12, 2003a.
- Menezes, H. E. A.; Silva, R. M.; Alves, L. M.; Camargo Júnior, H. Verificação do Prognóstico de Precipitação Sazonal Simulada pelo Modelo Eta Climático para o Nordeste do Brasil. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, XIII, 2003, Santa Maria-RS. Anais: Santa Maria-RS: SBA, p. 999-1000, 2003b.

Menezes, J. R. Manejo da Cultura de Feijão: Enfoque Sistêmico. In: Simpósio da Cultura de Feijão Irrigado, 4, Piracicaba - SP, 2001. Anais. Piracicaba - SP: ESALQ, Departamento de Produção Vegetal, p. 35-42. 2001.

Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br> Acessado em 18.02.2007

MI-SPDR, Nova Delimitação do Semi-Árido Brasileiro, Ministério da Integração Nacional, Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional, Brasília, DF, março de 2005, 35p.

Molion, L. C. B.; Bernardo, S. O. Uma Revisão das Chuvas no Nordeste Brasileiro. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 17, n. 01, p. 1-10, 2002.

Morettin, L. G. Estatística Básica. Editora McGraw-Hill do Brasil Ltda, São Paulo - SP. 6ª Ed., 183p., 1991.

NOAA. National Oceanic and Atmospheric Agency. Disponível em <http://www.cdc.noaa.gov./ClimateIndices> Acessado em 10.01.2007.

Nobre, P. A Variabilidade Interanual do Atlântico Tropical e sua Influência no Clima da América do Sul. Revista Climanálise – Edição comemorativa de 10 anos, 1996.

Nobre, P.; Melo, A. B. C. Variabilidade Climática Intra-sazonal Sobre o Nordeste do Brasil em 1998-2000. Revista Climanálise, 2001.

Nobre, P.; Moura, A. D.; Sun, L. Dynamical Downscaling of Seasonal Climate Prediction over Nordeste Brazil with ECHAM3 and NCEP's Regional Spectral Models at IRI. Bulletin of the American Meteorological Society, p. 2787-796, 2001.

- Nóbrega, R. S.; Silva, D. F.; Araújo, L. E.; Souza, F. A. S. Detecção do Início, Fim e Duração da Estação Chuvosa na Paraíba através da Técnica dos Quantis. In: Simpósio Internacional de Climatologia, 2005, Fortaleza-CE. Anais: CD-ROM, SBMET.
- Oashi, M.C.G. Estudo da cadeia produtiva como subsídio para pesquisa e desenvolvimento do agronegócio do Sisal na Paraíba. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 1999, 223p.
- Oliveira, G.S.de. O El Niño e você: o fenômeno climático. São José dos Campos, SP, Transtec Editorial, 116p. 1999.
- Oliveira, M. do S.P. de; Carvalho, J.E.U.de; Nascimento, W.M.O. do. Açai (Euterpe oleracea Mart.) Jaboticabal: FUNEP, 2000. 51 p
- Orellana, R. Algunos aspectos ecológicos de los agaves de la península de Yucatán: Biología y aprovechamiento integral del henequén y otros agaves. [s.l]:[s.n], 1985.
- Rao, V. B.; Lima, M. C.; Franchito, S. H. Seasonal and Interannual Variations of Rainfall over Eastern Northeast Brazil. *Journal of Climate*, v. 6, n. 9, p. 1754-1763, 1993.
- Rao, V.B., L.D.A. Sá, S.H. Franchito e K. Hada. Interannual variations of rainfall and corn yields in northeast Brazil. *Agricultural and Forest Meteorology*, 85,63-74, 1997.
- Rao, V.B.; Hada, K. Characteristics of Rainfall over Brazil: Annual and Variations and Connections with the Southern Oscillation, *Theoretical and Applied Climatology*, v. 42, n. 2, p. 81-91, 1990.

- Repelli, C. A.; Nobre, P. Modelagem Estatística das Anomalias de Temperatura da Superfície do Mar do Oceano Atlântico Tropical. Revista Climanálise – Edição comemorativa de 10 anos, 1996.
- Ropelewski, C. F.; Halpert, M. S. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño / Southern Oscillation. Mon. Wea. Rev.,v.115, p. 1606, 1987.
- Ropelewski, C. F.; Halpert, M. S. Precipitation patterns associated with the high index phase of the southern oscillation. Journal of Climate, v. 4, p. 268-284, 1989.
- Sans, L. M. A.; Santana, D. P. Cultivo do Milho: Clima e Solo. Informações Técnicas. Disponível em <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/clima.htm>, acessado em 13 dezembro de 2006. EMBRAPA Milho e Sorgo, 2005.
- Silva, F. D. S.; Brito, J. I. B.; Pontes, A. L. Análise das Máximas Chuvas Ocorridas na Bacia do Rio Gramame-Litoral Sul da Paraíba. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, XIII, 2004a, Fortaleza-CE. Anais: CD-ROM, SBMET.
- Silva, J. V. N. ; Silva Neto, L. F. ; Santiago, R. D. ; Silva, I. F. . Produção de fitomassa fresca e seca e capacidade de rebrota de capim pangola e braquiária na microrregião de Guarabira - PB. In: XI ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFPB, 2003, João Pessoa - PB. Ciência da Vida. João Pessoa, PB : Editora Universitária - UFPB, v. 2. p. 182-182, 2003.
- Silva, M.C.L. Uso da Técnica dos Quantis para Monitoramento do Clima do Estado da Paraíba. Campina Grande. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Meteorologia. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, 2004, 33p.

- Silva, M.C.L.; Brito, J.I.B.; Costa, A.M.N. Proposta de Monitoramento da Precipitação Pluvial no Estado da Paraíba Utilizando a Técnica dos Quantis. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, XIII, Fortaleza-CE. Anais: CD-ROM, SBMET, 2004b.
- Sousa, S.A.V.; Frizzone, J.A. Simulação da ocorrência de veranicos em Piracicaba e seu efeito em duas épocas de plantio de milho. In: Congresso Brasileiro De Agrometeorologia, 10., Piracicaba, 1997. *Anais...* Piracicaba: SBA, 1997. P.119-121.
- Spiegel, M.R.. Estatística. *McGraw-Hill*, São Paulo, SP. 1977 580 p.
- Uvo, C.B. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e sua Relação com a Precipitação na Região Norte do Nordeste Brasileiro. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, INPE, São José dos Campos, SP, 1989.
- Walker, G.T.. Ceará (Brasil) famines and the general air movement. *Beitrag Zur Physik der Frein Atmosphere*, 14 (sf): 88-93, 1928.
- Xavier, T.M.B.S.. Tempo de Chuva – Estudos Climáticos e de Previsão para o Ceará e Nordeste Setentrional. Fortaleza, CE: ABC Editora, 478p. 2001.