

**CARACTERIZAÇÃO E ESPACIALIZAÇÃO DA  
PRECIPITAÇÃO EM BACIA HIDROGRÁFICA COM  
RELEVO COMPLEXO: SERTÃO CENTRAL  
PERNAMBUCANO – BACIA DO RIACHO DO SACO**

*Jonas Otaviano Praça de Souza<sup>1</sup>, Joana D'arc Matias de Almeida<sup>2</sup>, Antonio Carlos de Barros Correa<sup>3</sup>*

*1 - Doutorado em Geografia – Universidade Federal da Paraíba [jonasgeoufpe@yahoo.com.br](mailto:jonasgeoufpe@yahoo.com.br)*

*2 Graduanda em Geografia – Universidade Federal de Pernambuco – [joanamatiias@gmail.com](mailto:joanamatiias@gmail.com)*

*3 Prof. Dr. DCG/PPGEO/UFPE, email: [dbiase2001@terra.com.br](mailto:dbiase2001@terra.com.br)*

*Artigo recebido em 09/09/2014 e aceito em 14/10/2015*

**RESUMO**

Este artigo apresenta a caracterização climática da bacia do Riacho do Saco, no Sertão de Pernambuco, relacionando a influência direta da topografia no comportamento da precipitação na área. Para isto foram coletados dados de precipitação de quatro PCDs, localizadas em diferentes altitudes, a fim de compará-las. Utilizando dados dos anos hidrológicos entre 2006-2012, período em que há dados disponíveis para as quatro estações foram analisados através de estatística descritiva os seguintes índices: total anual de chuvas, dias com chuva, dias com chuva efetiva, dias consecutivos sem chuva e dias consecutivos sem chuva efetiva. Verificou-se de fato a relação da precipitação com o relevo, constatando os maiores índices pluviométricos nas áreas de maior elevação e conseqüentemente os menores índices próximos à depressão sertaneja. Porém a relação altitude-precipitação não responde linearmente, devido à topografia irregular presente na bacia, além da atuação de diferentes mecanismos formadores de chuva. Por fim, devido a não linearidade dos resultados para cada altitude o estudo mostrou a necessidade da verticalização dos estudos climáticos em pequenas bacias com topografia irregular.

**Palavras-Chave:** caracterização climática; precipitação; topografia irregular; Riacho do Saco; semiárido

**WORK AND RAINFALL CHARACTERIZATION AND  
SPATIALIZATION IN WATERSHED WITH COMPLEX RELIEF:  
PERNAMBUCO CENTRAL DRYLANDS – SACO CREEK  
WATERSHED**

**ABSTRACT**

This paper describes the climatic characterization of Saco Creek Watershed, in Pernambuco drylands, showing the direct relation between topography and precipitation behavior. For that purpose, precipitation data of four gauges were collected, each gauge represents one altitude range, to compare them. Using precipitation data from 2006 to 2012, time span with data to all the gauges, the follow indices were analyzed by descriptive statistic: annual rainfall, number of rainfall days, number of rainfall effective days, dry days since last rain and dry days since last effective rain. As a result, the relation between relief and precipitation is direct, so there are maximum precipitation indexes in the higher areas, and minimum precipitation indexes in the lowest region. Nevertheless, the relation altitude-precipitation isn't linear, due the watershed irregular topography, as well as the acting of different rainfall mechanisms. Lastly, due the nonlinearity of the results to each elevation the research showed the necessity of deeper climatic studies about small watersheds with irregular topography.

**Keywords:** climatic characterization; precipitation; irregular topography; Saco Creek; dryland

## INTRODUÇÃO

A compreensão do comportamento das precipitações é de fundamental importância para qualquer estudo que lide diretamente, ou indiretamente com o ciclo hidrológico. Coelho Neto (1998) coloca que “a precipitação é um importante fator-controle do ciclo hidrológico e, portanto, da regulação das condições ecológicas e geográficas, de uma determinada região”. Sendo, assim, importante para estudos climatológicos, meteorológicos, hidrológicos, ecológicos, biogeográficos, geomorfológicos, entre outros.

Deste modo, a caracterização das precipitações consta como um dos primeiros passos em vários tipos de pesquisas ambientais, como é o caso dos que utilizam a bacia hidrográfica como delimitação da área de análise. Entretanto, algumas bacias hidrográficas apresentam variações climáticas internas, muitas vezes relacionadas com mudanças nos níveis altimétricos, o que pode intensificar a precipitação local. O fator principal dessa diferença é a presença da chamada chuva orográfica causada pela nebulosidade gerada a partir do resfriamento adiabático, ocorrendo através da descompressão pela menor densidade do ar nos patamares mais elevados (Mendonça, 2007), ou seja, a orografia atuará dinamicamente como intensificador das precipitações independente da origem sinótica da precipitação (Candido e Nunes, 2008). As vertentes localizadas a barlavento serão mais afetadas pela chuva do que as localizadas a sotavento, devido ao ar nesta encontrar-se menos úmido e forçado a descer, dificultando o processo de formação de nuvens (Mendonça, 2007).

A relação entre orografia e precipitação é complexa e estritamente relacionada com as características dos ventos dos sistemas sinóticos atuantes, quanto maior for o número destes, maior a complexidade (Colton, 1976). Enquanto que em ambientes planos uma medição de precipitação pode cobrir uma área de 100km<sup>2</sup>, em ambientes de topografia irregular/montanhosa a variação de precipitação pode ser grande mesmo em pequenas distâncias, limitando assim a espacialidade dos dados obtidos por medições/estações pontuais (Corradini, 1985).

Para superar essas limitações, principalmente onde não há uma rede de monitoramento climática/meteorológica densa, é possível trabalhar com modelos matemáticos que consigam interpolar as informações existentes e ao mesmo tempo inserir o fator orográfico nos cálculos (Kunz e Kottmeier, 2006; Gao, Xu, *et al.*, 2006; Candido e Nunes, 2008; Carvalho, Assad e Pinto, 2012), ou então baseado em radares meteorológico e/ou sensores orbitais (Foresti, Kanevski e Pozdnoukhov, 2012; Kuligowski e Barros, 2001).

Mello et al (2003) devido a dificuldade de aquisição de dados de chuva sugere como alternativa o uso de procedimentos interpoladores e estatísticos, baseados nos dados de estações próximas. Os autores aplicaram os métodos de Krigagem e do Inverso do Quadrado da Distância, comparando-os, utilizaram séries históricas de locais próximos ao perímetro da área de estudo para a extração da equação de chuvas, com o intuito de descobrir a vazão das cheias. Fritzsons et al (2011), utilizou a caracterização das precipitações para compor zonas homogêneas, definindo e avaliando variáveis pluviométricas através da análise de agrupamento, em que a partir de dados obtidos durante 30 anos de diferentes estações pluviométricas formam-se grupos definidos de acordo com as variáveis classificatórias (média de precipitação anual, precipitação durante os meses de verão, precipitação durante os meses de inverno e precipitação anual total). Duarte et al. (2007) trabalharam a possibilidade de relação das características físicas e topográficas junto à precipitação através de SIG, considerando as características físicas de uma bacia hidrográfica (área, forma e sistema de drenagem) trabalhando com parâmetros de classificação de Wisler, Coeficiente de Compacidade, Fator Forma, Índice de Circularidade e Classificações de Strahler, além da geração de mapas de declividade extraídos de MDE e o mapas de isoietas e isotermas, fornecendo informações necessárias à gestão e planejamento local.

Contudo há duas limitações específicas àqueles métodos, para o uso no presente trabalho, a resolução espacial dos radares e sensores orbitais, a complexidade, e foco dos modelos matemáticos. As metodologias baseadas nas informações de radares e sensores são para análise regional devido à resolução espacial dos dados impedirem análises locais; e os modelos matemáticos exigem a utilização de inúmeras variáveis climáticas e necessitam da análise individual de uma série de eventos específicos, o que tornaria o processo de aquisição/processamento de dados lento (Chen, Chen e Xu, 2007), a ponto de só ser viável se realizados em trabalhos cujo objetivo principal é a análise climática, normalmente restrita a alguns eventos de chuva. Dessa forma para o presente trabalho será necessário enquadrar a análise da diferenciação climática interna da bacia, realizando uma diferenciação climática com base nos dados disponíveis, e visando compreender o comportamento das precipitações em cada área da bacia do Riacho do Saco – Serra Talhada, como também as inter-relações entre as áreas. A análise enfocou as características e o comportamento das precipitações e sua relação com a variação de altitude, pois essas controlam a quantidade de energia no sistema por meio dos eventos chuvosos da área (Cunha e Vecchia, 2007).

Esta análise de relação relevo-precipitação é de fundamental importância para suporte em gestão e controle de áreas de riscos, além de fornecer subsídios para o planejamento agrícola, sobretudo no semiárido nordestino. Girão (2009) enfoca a correlação da precipitação aos impactos ao modelado geomorfológico, caracterizado em situações de precipitações excepcionais e desestabilizadoras a ocorrência de eventos erosivos, possibilitando a aplicação de monitoramento dos sistemas atmosféricos e das disritmias pluviais. Lucena et al (2012) através de análise rítmica analisou a variabilidade de chuvas a fim de fornecer subsídios ao planejamento agrícola, visto que, como destaca Ab'sáber (2003), o que mais dificulta a vida da população semiárida brasileira é a variabilidade climática local, visto que a hidrologia na região é fortemente dependente do ritmo climático sazonal.

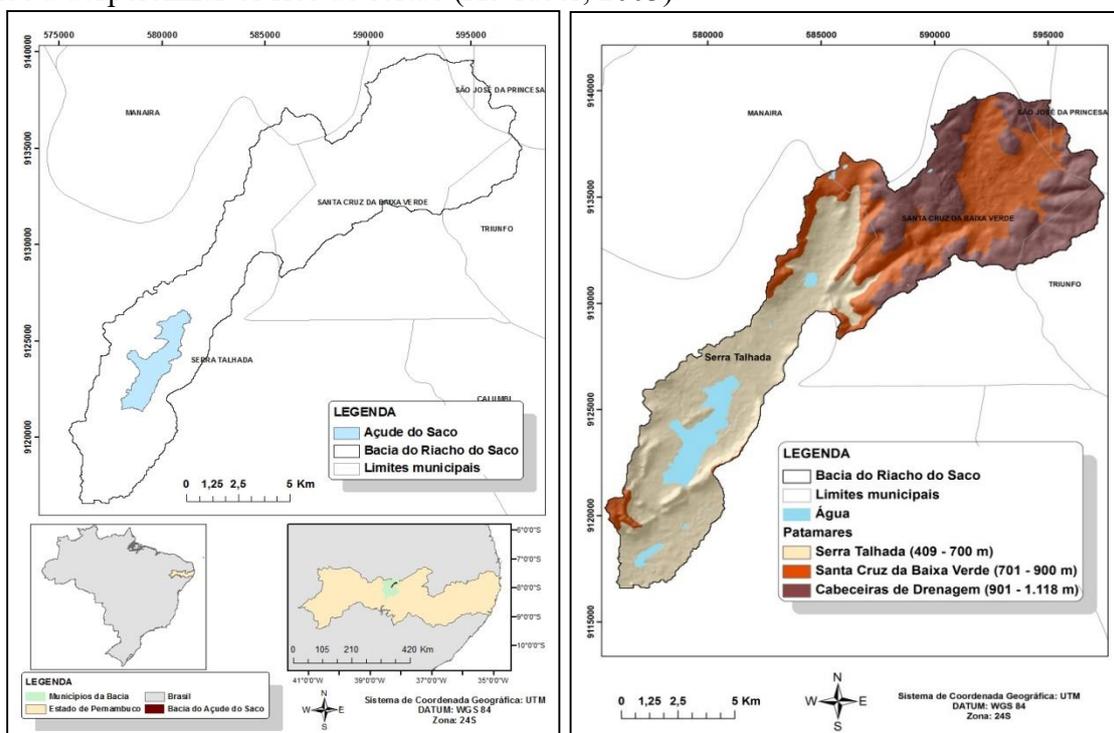
### **CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA**

A bacia de drenagem do riacho do Saco está situada na microrregião do Pajeú, Sertão Central de Pernambuco, entre os municípios de Serra Talhada, Triunfo e Santa Cruz da Baixa Verde, além de algumas cabeceiras de drenagem nos municípios de Manaira e São José da Princesa, na Paraíba (figura 01, esquerda), perfazendo uma área de 142,5 Km<sup>2</sup>. Regionalmente, a bacia está inserida na Depressão Sertaneja, e suas cabeceiras de drenagem encontram-se sobre a Encosta Meridional do Planalto da Borborema (Corrêa, Tavares, *et al.*, 2012) a qual na localidade tem como topônimo Serra da Baixa Verde, atuando como um divisor de águas entre Pernambuco e Paraíba, a bacia do riacho do Saco situa-se na vertente pernambucana da serra.

A bacia em questão está inserida em um arcabouço de fatores físicos e sociais homogêneos regionalmente. A bacia apresenta uma diferença altimétrica de cerca de 700 metros entre a foz (409m) e as cabeceiras (superior a 1100m), apresentando entre estes extremos dois patamares aplainados com altimetrias médias de 600m e 800m, respectivamente, a transição entre esses patamares dá-se de forma abrupta, respondendo a controles estruturais (Corrêa, 2001). Essa diferença altimétrica se reflete na paisagem formando, basicamente, duas unidades distintas; uma abaixo de 700 metros, mais seco com predominância de caatinga e pecuária extensiva, e uma acima dos 900 metros, mais úmido com a presença de floresta subcaducifólia com predominância de policultura e pastagem; além de uma paisagem de transição, com características das duas anteriores, entre 700 metros e 900 metros, ocorrendo, basicamente, pela diferença de umidade que se reflete em outras características da paisagem.

Para facilitar a identificação, o patamar abaixo dos 700 metros será chamado “patamar Serra Talhada”, e o patamar entre 700 e 900 metros será chamado de “patamar Santa Cruz da Baixa Verde”. Enquanto que as áreas acima de 900 m serão chamadas de “patamar cabeceira de drenagem” (figura 01 direita).

Ao mesmo tempo se observa o controle da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o desencadeamento de eventos chuvosos, o que se justifica por ser uma zona com alta instabilidade fazendo ascender os ventos às camadas superiores da atmosfera (Xavier, Xavier, *et al.*, 2003), além da atividade concomitantemente da ZCIT com outros sistemas sinóticos, tais como Vórtice Ciclônico da Atmosfera Superior – VCAN, atuando no mês de janeiro, e os Complexos Convectivos de Meso Escalas – CCM (Aragão, Mendes, *et al.*, 2007; Diniz, Correia e Aragão, 2009). A ocorrência de oscilações como o ENOS, ocasionado pelo aumento da temperatura das águas superficiais do pacífico, e o Dipolo do Atlântico Sul (Oliveira, Alves e Nóbrega, 2010) modificam o volume interanual de precipitação da área. Salienta-se também a importância da atuação da massa de ar Equatorial continental (EC) exercendo influência sob as depressões interplanálticas, contribuindo para a escassez de precipitação por um longo período de seis a sete meses, e este longo período seco é caracterizado por uma forte evaporação que tende a desperenizar os rios do sertão (Ab'sáber, 2003).



**Figura 1:** Esquerda - Mapa de localização da bacia do Riacho do Saco. Direita - Patamares da bacia do riacho do Saco.

Entre os estudos que trataram da caracterização climática da região destaca-se Corrêa (1997, 2001) e Souza (2011) analisando a Serra da Baixa Verde utilizando dados mensais obtidos a partir de diferentes postos pluviométricos da região. Ambos os autores concluíram que ao diminuir a cota altimétrica haveria uma maior deficiência hídrica e o período seco aumentaria (variando de 8 meses nas áreas mais baixas a até 4 meses nas áreas mais altas, normalmente entre maio/julho até dezembro); ao mesmo tempo os autores identificam que o período chuvoso é similar, sendo diferente o número de meses chuvosos e o volume total de precipitação. Já Souza (2011) dividiu sua análise climática/hidrológica em dois momentos, um voltado para caracterizar o clima da bacia e outro para estudar o comportamento da precipitação, já que o estudo do comportamento das precipitações nos ambientes semiáridos é importante para compreender o fluxo e os processos fluviais (Graf, 1988). Contudo foi observado que a relação precipitação/altitude é complexa, e que deve ser levada em consideração não apenas a altimetria, mas também a morfologia sobre a distribuição das chuvas (Souza, 2011).

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

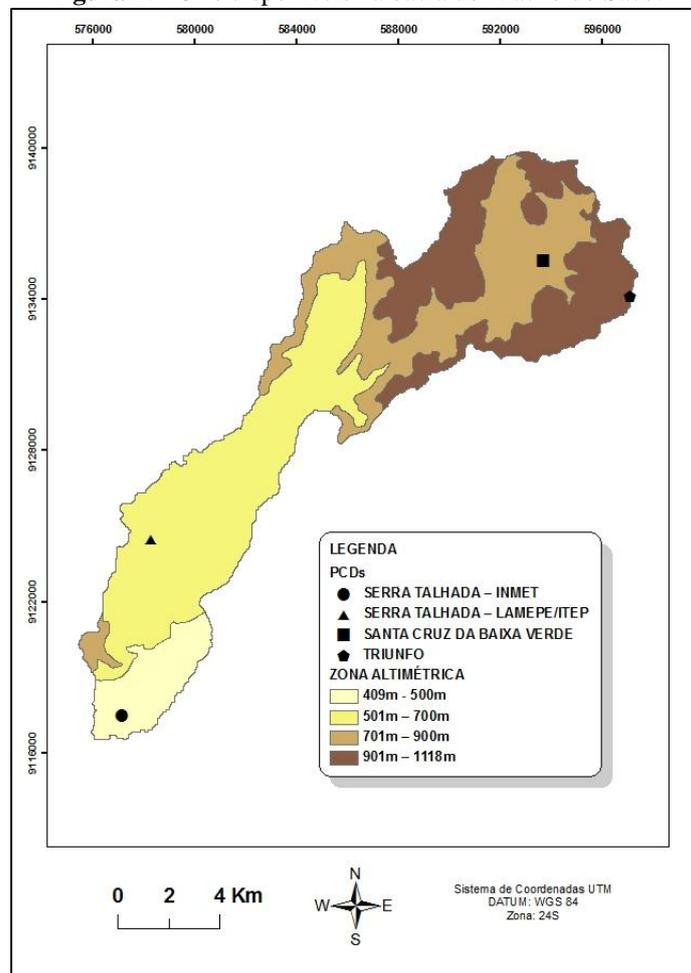
Os dados diários de precipitação foram obtidos a partir de quatro plataformas de coleta de dados (PCD); duas em Serra Talhada, uma em Santa Cruz da Baixa Verde, e uma em Triunfo; geridas pelo LAMEPE/ITEP, obtidos a partir do projeto Agritempo (Sistema de Monitoramento Agrometeorológico) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; como também de dados de dois pluviômetros do projeto Hidroweb – Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas; um em Serra Talhada e um em Triunfo. Os dados do pluviômetro de Triunfo estão disponíveis no banco de dados da PCD de Triunfo, da mesma forma o pluviômetro de Serra Talhada está localizado onde foi instalada a PCD Serra Talhada – INMET (figura 2). Deste modo, se encontram disponíveis dados de precipitação de quatro localidades na bacia com diferentes altimetrias e períodos de observação (tabela 1). Dessa forma será possível trabalhar com os dados de cada uma relacionando-os com zonas altimétricas, de forma a englobar toda a área da bacia.

Comumente os dados de precipitação podem ser analisados de duas maneiras distintas; a partir do chamado ano meteorológico ou do chamado ano hidrológico. O ano meteorológico representa o ano normal do calendário, de janeiro a dezembro, e normalmente é utilizado em análises de áreas que têm uma distribuição uniforme da precipitação durante o ano, enquanto que o ano hidrológico é usado onde a distribuição de precipitação é desigual. Desse modo a

contagem do “ano” inicia no meio do período seco, não importando qual mês seja, continuando até fechar um ciclo de 12 meses, evitando, assim, dividir o período chuvoso (Reiser e Kutiel, 2008). No caso da bacia do riacho do Saco, por ter a distribuição desigual da precipitação, será utilizada a ideia de ano hidrológico, iniciando no mês de setembro de um ano e finalizando no mês de agosto do ano seguinte.

Inicialmente todas as séries serão organizadas e verificadas, excluindo da análise os períodos que apresentarem erros nos dados. Depois de organizados e verificados será possível avaliar a real disponibilidade de dados e quais períodos estão cobertos, e a partir dessas informações caracterizar o comportamento da precipitação da área, como também, a partir dos anos que tiverem dados para os quatro pontos, avaliar a proporção dos volumes médios de precipitação entre as zonas altimétricas.

**Figura 2:** PCDs disponíveis na bacia do Riacho do Saco.



A primeira etapa para analisar o comportamento da precipitação na bacia do Saco, é definir o período de início e o final da estação chuvosa. Para defini-los são várias as metodologias disponíveis na literatura, entre elas a chamada Data de Acumulação Percentual, aplicada por Reiser e Kutiel (2008) para os ambientes secos do sul da Europa e Norte da África.

Tal método parte do início do ano hidrológico, no presente trabalho este será o dia 01 de setembro, e define como data inicial da estação chuvosa a data na qual será alcançado 10% do total de precipitação daquele ano hidrológico, enquanto que a data final da estação chuvosa é aquela que alcançar 90% do total de precipitação do ano hidrológico. A partir disso é definido o início e final da estação chuvosa de cada ano e posteriormente é feito uma média para definir o dia inicial e o dia final da estação chuvosa daquela localidade.

**Tabela 1:** Informações sobre os dados e abrangência de cada PCD.

	ALTIMETRIA	DATA INICIAL - HIDROWEB	DATA FINAL - HIDROWEB	DATA INICIAL - AGRITEMPO	DATA FINAL - AGRITEMPO	ZONA ALTIMÉTRICA	PORCENTAGEM DA ÁREA DE ABRANGÊNCIA DE CADA PCD
SERRA TALHADA - INMET	416m	01/09/1911	24/05/1995	01/01/1980	31/12/2012	409m - 500m	8,4%
SERRA TALHADA - LAMEPE/ITEP	510m	-	-	01/01/1980	31/12/2012	501m - 700m	38,3%
SANTA CRUZ DA BAIXA VERDE	841m	-	-	01/01/2006	31/12/2012	701m - 900m	27,7%
TRIUNFO	1030m	01/09/1911	24/05/1995	01/01/1912	31/12/2012	901m - 1118m	25,6%

Para analisar o comportamento da chuva e frequência dos eventos, vários parâmetros serão utilizados como: média anual de precipitação, máximo de precipitação anual, mínimo de precipitação anual, média dos números de dias chuvosos no ano, máximo de dias chuvosos no ano, mínimo de dias chuvosos no ano, número de dias com chuva efetiva no ano (maior ou igual a 10mm), máximo de dias consecutivos sem chuva e máximo de dias consecutivos sem chuva efetiva (maior ou igual a 10mm). Ao mesmo tempo, o limite de 10mm para identificar chuvas efetivas foi escolhido pois chuvas a partir desse valor gera resposta no desenvolvimento e recuperação da vegetação, em especial de gramíneas e arbustos, como também é capaz, preenchido alguns pré-requisitos, de gerar escoamento superficial mesmo no período seco (Aviad, Kutiel e Lavee, 2009). Os dados sobre os dias consecutivos sem chuva mostram-se de extrema relevância para as análises ambientais em terras secas, já que são os prolongados períodos secos que controlam o comportamento ambiental dessas áreas (Aviad, Kutiel e Lavee, 2009). Sendo, também, um índice para medição de aridez e para classificar a severidades de secas (Zhang, Jiang, *et al.*, 2012).

Sendo os dados tabulados e analisados a partir dos softwares *Microsoft Office Excel 2007* e *SPSS Statistics 17*. O tratamento dos dados foi realizado através de estatística descritiva a identificação das médias, medianas, valores máximo e mínimo, coeficiente de variância, desvio padrão, assimetria e curtose; visando definir o comportamento geral das precipitações nas estações analisadas, como também avaliar a variação da mesma durante o período

trabalhado (Lucena, Souza, *et al.*, 2012). Posteriormente será calculado o coeficiente de correlação de Pearson e o coeficiente de determinação entre as altitudes dos postos e os cinco índices trabalhados, visando identificar o nível e tipo de correlação entre a variação de altitude e o comportamento da precipitação (Levin e Fox, 2004).

Por fim, os eventos de chuva efetiva de cada uma das estações serão analisados detalhadamente, novamente, a partir de diversos índices tal como: amplitude, mínimo, máximo, soma, média, mediana, moda, coeficiente de variação, assimetria, curtose, além da frequência de distribuição dos eventos. Essa escolha deu-se baseada na importância para os volumes totais de chuva desses eventos, como também pela importância ambiental dos mesmos para as terras secas (Aviad, Kutiel e Lavee, 2009).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados de precipitação foram analisados a fim da obtenção da caracterização climática da bacia em estudo de modo a associar a frequência das precipitações ao relevo local. Para tanto foi escolhido um intervalo de tempo que abarcasse informações para as quatro estações, e conseqüentemente quatro patamares altimétricos diferentes, assim o período escolhido foi entre 2006 e 2012 (limitado pelos dados da estação de Santa Cruz da Baixa Verde). Desse modo, foi gerada a descrição estatística das variáveis estudadas (tabela 02), tal como gráficos (figura 03): chuva total no ano (CT); dias de chuva (DC); dias de chuva efetiva (DCE); dias consecutivos sem chuva (DCSC); e dias consecutivos sem chuva efetiva (DCSCE).

Em Serra Talhada, de acordo com os dados obtidos na PCD INMET, localizada a 416 metros de altitude, o total de chuvas varia de 971 mm até 140,1 mm, com média para este índice de 545,2 mm. Por outro lado, a PCD LAMEPE/ITEP de Serra Talhada, que está 510 metros de altitude, apresenta características mais úmidas que a PCD INMET, a média total de chuvas é de 707,9 mm, sendo o valor máximo para este índice de 1.217,4 mm e mínimo de 285,2 mm. Em Santa Cruz da Baixa Verde, segunda altitude mais elevada, a 841 metros, o máximo de total de chuvas obtido foi de 1.129,7 mm e 314,4 mm de mínimo, tendo como média 803 mm. Por ultimo, a PCD localizada em Triunfo, a 1.030 metros, o total de chuvas atinge o máximo de 1.596,3 mm e o mínimo de 454,3 mm, apresentando a média mais elevada com 1176,1mm. Em relação variação anual as estações de Serra Talhada INMET (0,49) e ITEP (0,47) apresenta um coeficiente de variação aproximadamente 30% superior as estações de Santa Cruz da Baixa Verde e Triunfo, apontando uma maior irregularidade no volume anual de chuva. Por fim, baseado no valor de assimetria é possível observar que na estação ITEP o volume de chuva

anual tende a valores abaixo da média (assimetria positiva), enquanto que nas estações de Santa Cruz da Baixa Verde e Triunfo é mais comum valores acima da média (assimetria negativa).

A variável de dias de chuva efetiva acompanha o comportamento do volume anual de chuva, estando as duas diretamente relacionadas, já que os dias de chuva efetiva são o principal responsável pelo volume total de precipitação. Deste modo, há uma crescente no número de dias de chuva efetiva tendo a estação de Serra Talhada INMET com os menores valores de mínima/máxima/média (3/26/15,1 dias) e a de Triunfo (15/46/35 dias) com os maiores valores. Novamente as estações de Serra Talhada apresentam um coeficiente de variação superior, neste caso uma diferença que chega a cerca de 67% maior relacionando os dados de Serra Talhada INMET e Triunfo, respectivamente maior (0,52) e menor (0,31) coeficiente de variação. Posteriormente, os eventos de chuvas efetivas serão avaliados detalhadamente.

As variáveis de dias consecutivos sem chuva e dias consecutivos sem chuva efetiva apresentam, de forma geral, uma relação inversa com a altitude, desse modo com o aumento de altitude há a diminuição nos valores. Para a variável de dias consecutivos sem chuva a diferença é pequena entre as três estações de maior altitude, seguindo a relação inversa os menores valores aparecem em Triunfo e os maiores em Serra Talhada ITEP, média de 54,3 dias e 69,8 dias respectivamente. A estação que destoa em valor é a PCD de Serra Talhada INMET, única inserida no compartimento da depressão sertaneja e claramente no contexto semiárido severo; nesta estação a média de dias consecutivos seco é de 145,7 dias mais que o dobro do segundo valor mais alto, e chegando ao máximo de 449 dias, além disto, nesta estação o coeficiente de variação chega ao patamar de 1,16 contrastando com os valores das outras três estações que ficam por volta de 0,4.

Por outro lado, para os valores médios de dias consecutivos sem chuva efetiva há uma diminuição entre a diferença dos valores para a PCD Serra Talhada INMET em relação as outras três PCDs. Tal diminuição é resultado no aumento proporcionalmente superior, o dobro, dos valores das duas estações com altitudes medianas (Serra Talhada ITEP, Santa Cruz da Baixa Verde) em relação ao valor de Serra Talhada INMET; já apesar do valor para a PCD Triunfo também ter crescido, proporcionalmente, mais não atingiu a mesma proporção que as outras duas PCDs. Vale ressaltar que devido a manutenção do valor máximo no mesmo patamar para a PCD Serra Talhada INMET (de 146 e as outras 3 PCDs diminuiu, em especial devido a manutenção no mesmo patamar do valor de dias consecutivos sem chuva efetiva (461 dias) em relação a variável de dias consecutivos sem chuva (449 dias), enquanto que houve um aumento

proporcional significativo para as outras 3 estações chegando ao valor de 233 dias para a PCD Santa Cruz da Baixa Verde.

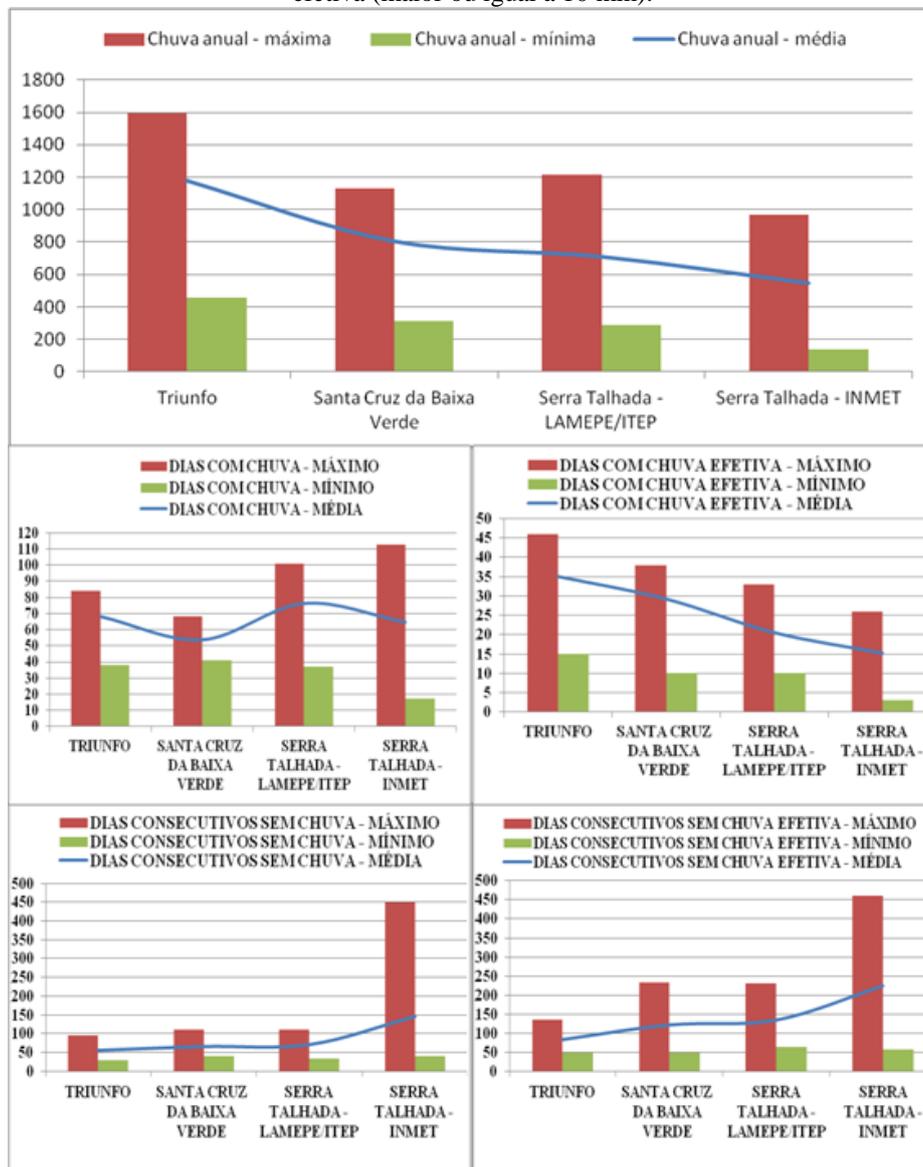
**Tabela 2:** Estatística descritiva das variáveis analisadas: chuva total no ano (CT); dias de chuva (DC); dias de chuva efetiva (DCE); dias consecutivos sem chuva (DCSC); e dias consecutivos sem chuva efetiva (DCSCE). As variáveis foram analisadas para as quatro PCDs disponíveis: Serra Talhada INMET (ST\_INMET); Serra Talhada ITEP (ST\_ITEP); Santa Cruz da Baixa Verde (SCBV); e Triunfo (TRIUNFO).

ESTATÍSTICA DESCRITIVA DAS VARIÁVEIS TRABALHADAS									
	Amplitude	Mínima	Máxima	Soma	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de variância	Coefficiente de assimetria	Curtose
ST_INMET_CT	830,9	140,1	971	3271,7	545,2	266,6	0,49	0,164	2,072
ST_ITEP_CT	932,2	285,2	1.217,4	4247,6	707,9	331,8	0,47	0,517	-0,198
SCBV_CT	815,3	314,4	1.129,7	4818,4	803	300,3	0,37	-0,819	-0,049
TRIUNFO_CT	1142	454,3	1.596,3	7056,9	1176,1	435,1	0,37	-0,894	0,117
ST_INMET_DC	96	17	113	389	64,8	39,7	0,61	-0,410	-1,578
ST_ITEP_DC	64	37	101	459	76,5	23	0,3	-1,042	1,007
SCBV_DC	27	41	68	323	53,8	10,2	0,19	0,313	-1,258
TRIUNFO_DC	46	38	84	410	68,3	17,5	0,26	-1,175	0,865
ST_INMET_DCE	23	3	26	91	15,1	7,8	0,52	-0,305	0,541
ST_ITEP_DCE	23	10	33	123	20,5	8,7	0,42	0,165	-1,000
SCBV_DCE	28	10	38	175	29,2	10,5	0,36	-1,480	2,175
TRIUNFO_DCE	31	15	46	210	35	10,8	0,31	-1,499	2,839
ST_INMET_DCSC	408	41	449	874	145,7	168,6	1,16	1,551	1,524
ST_ITEP_DCSC	77	34	111	419	69,8	31,3	0,45	0,177	-1,913
SCBV_DCSC	72	39	111	388	64,7	24,8	0,38	1,557	3,182
TRIUNFO_DCSC	67	29	96	326	54,3	24,1	0,44	1,158	0,999
ST_INMET_DCSCE	402	59	461	1.353	225,5	139,9	0,62	0,810	1,004
ST_ITEP_DCSCE	168	64	232	816	136	67,5	0,5	0,592	-1,425
SCBV_DCSCE	183	50	233	739	123,2	69	0,56	0,645	-0,235
TRIUNFO_DCSCE	87	49	136	508	84,7	33,9	0,4	0,445	-0,927

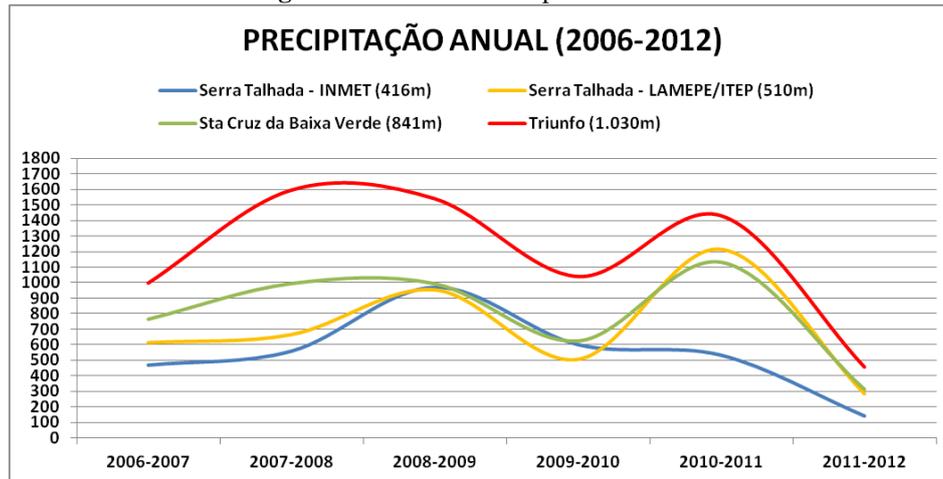
Por fim, a variável de dias de chuva é a única que aparentemente não exibem relação direta ou indireta com a altitude, visto que os pontos Serra Talhada INMET e Serra Talhada ITEP (mais secos) apresentam valores médias de dias de chuva superiores que os pontos Santa Cruz da Baixa Verde e Triunfo (mais úmidos), respectivamente. Essa discrepância pode estar relacionada com a precisão da identificação de chuvas diárias abaixo de 1mm, dessa forma as PCDs de Serra Talhada poderiam ser mais sensíveis a este volume de chuva que as outras duas estações; tanto que quando se avalia o volume de chuva acima de 1mm a média anual de dias

de chuva para a PCD INMET Serra Talhada cai de 76 para 56 dias de chuva por ano, evidenciando o impacto das precipitações diárias abaixo de 1mm para essa estação. Enquanto que fazendo a mesma análise para a PCD de Triunfo o número de dias de chuva cai de 68 para 65 dias, deste modo as precipitação abaixo de 1mm tem pouca influência para essa estação. Tanto que no índice de numero de dias com chuva efetiva (maior ou igual a 10mm), onde a influência das chuvas abaixo de 1mm é excluída, a relação altitude e umidade, no caso dias de chuva efetiva, apresenta relação direta, quanto mais alto maior o número de dias com chuva efetiva.

**Figura 3:** Médias, máximas e mínimas das características de precipitação para os quatro pontos analisados. Gráfico superior - total de precipitação anual. Gráfico central esquerda – número de dias com chuva. Gráfico central direita – número de dias com chuva efetiva (maior ou igual a 10 mm). Gráfico inferior esquerda – número de dias consecutivos sem chuva. Gráfico inferior direita – número de dias consecutivos sem chuva efetiva (maior ou igual a 10 mm).



**Figura 4:** Totais de chuva para as 4 PCDs

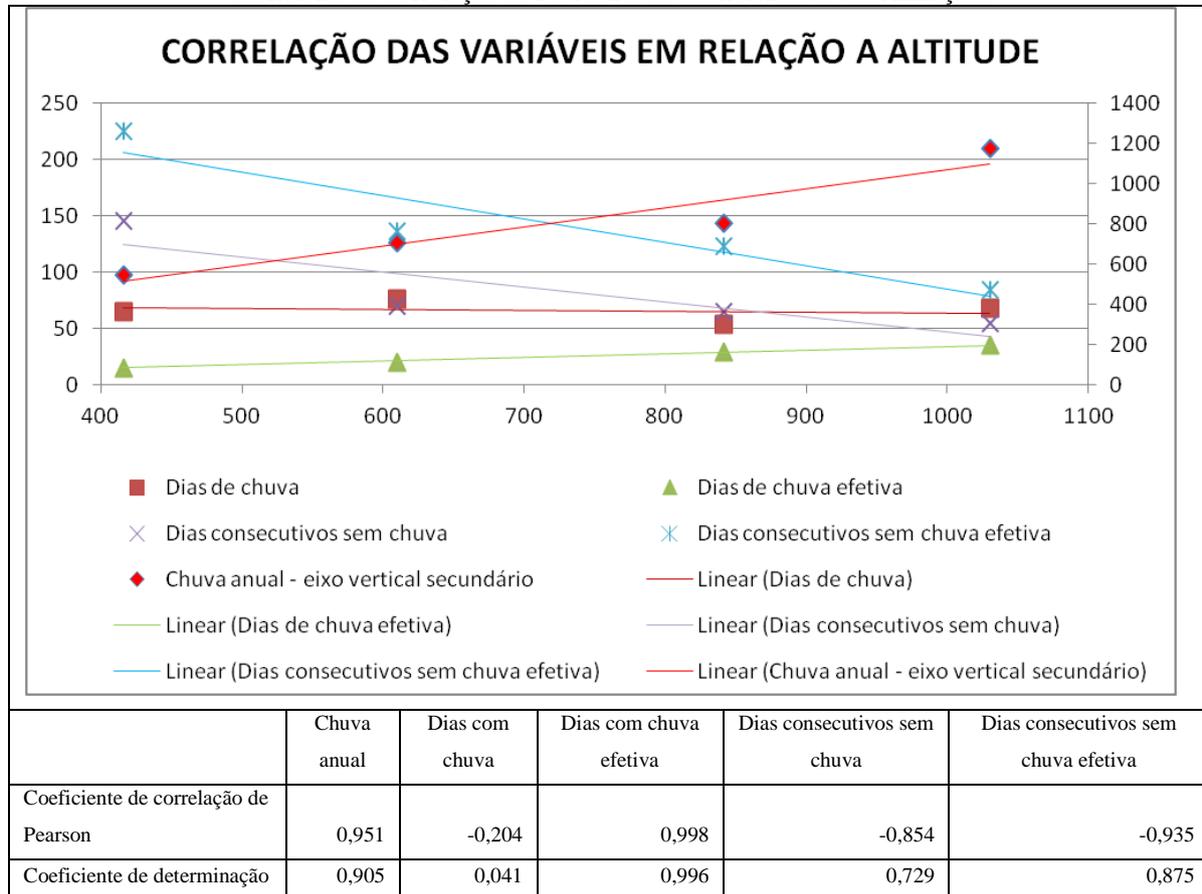


De forma geral, a partir da análise das variáveis é visível a relação entre aumento de altitude e o aumento de precipitação, contudo essa relação não é linear, com variações anuais e proporcionais entre os pontos. Tal falta de linearidade pode estar relacionada com a irregularidade da topografia local, visto que a PCD INMET de Serra Talhada apresenta menor altitude e apresenta relevo plana com topografia aberta (fazendo parte da Depressão Sertaneja), e as outras 3 PCDs encontram-se na região da Serra da Baixa Verde apresentando um relevo acidentado. Como é o caso da PCD Serra Talhada – LAMEPE/ITEP que se encontra circundada por cristas e serras. O que é visível no comportamento em relativa sincronia das curvas de precipitação anual total das 3 PCDs (figura 04) que estão submetidos à influência da topografia irregular da Serra da Baixa Verde, comparando-os com a curva da PCD INMET de Serra Talhada, que apresenta curva diferenciada em relação às outras 3 PCDs, em especial no tocando do período de 2010-2011; observa-se que a fator altimétrico atenua o impacto da seca nas PCDs mais altas, o que pode ser evidenciado no período.

Visando identificar objetivamente a relação entre a altitude e as variáveis estudadas foi elaborado um diagrama de dispersão, calculado o coeficiente de correlação de Pearson e o coeficiente de determinação, sempre entre a altitude das PCDs e cada uma de suas variáveis (figura 05); saindo, no gráfico, da PCD de Serra Talhada INMET (menor altitude) para a PCD de Triunfo (maior altitude), respectivamente da esquerda para a direita. A partir dessas informações pode-se comprovar, como visto anteriormente, que não há correlação entre altitude e o número de dias de chuva, visto que coeficiente de correlação de Pearson foi de -0,204 e o coeficiente de determinação foi 0,041; não apresentando correlação. Por outro lado, os dias de chuva efetiva apresentam coeficiente de correlação de Pearson de 0,998 e o coeficiente de determinação 0,996, desse modo, os dias de chuva efetiva são fortemente relacionados com a

variação de altitude; sendo assim a melhor variável para detalhar a modificação do comportamento da precipitação em relação à variação de altitude dentro da bacia; assim para aprofundar a análise da relação entre a mudança de altitude e o comportamento da precipitação os eventos de chuva efetiva as 4 PCDs serão detalhados.

**Figura 5:** Diagrama de dispersão representando a relação da altitude com as variáveis estudadas e calculo do coeficiente de correlação de Pearson e do coeficiente de determinação.



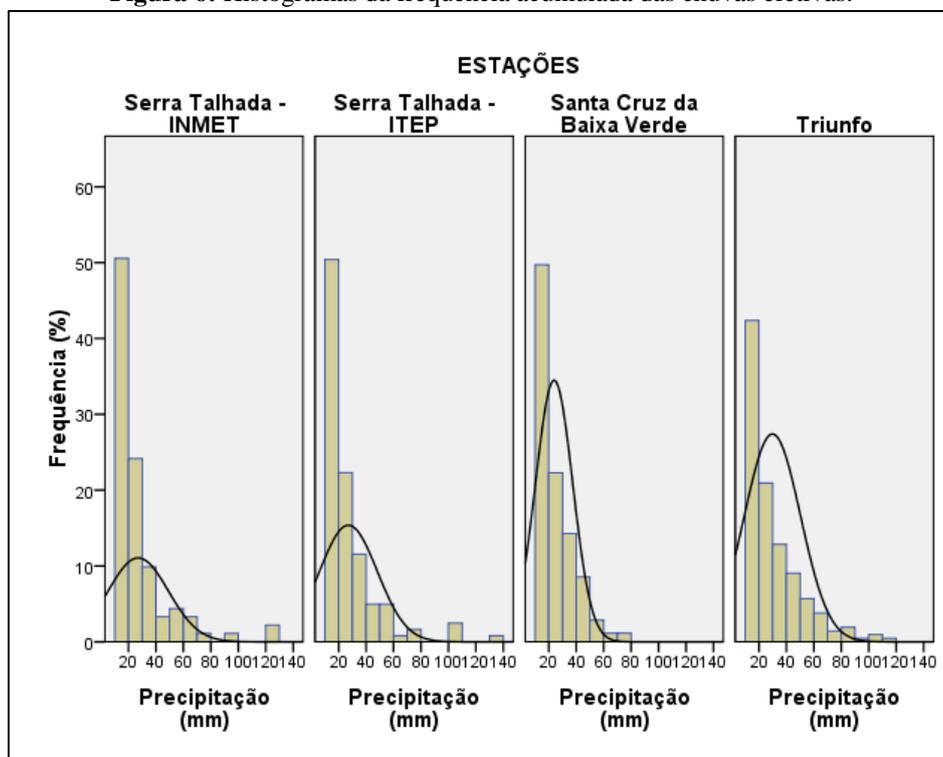
Para tal, foram calculadas as informações descritivas (tabela 03) sobre os eventos de chuva, além de avaliação sobre a frequência e a distribuição da magnitude dos eventos, sumarizadas em gráficos do tipo histogramas (figura 6) e do tipo *Box-plot* (figura 7).

**Tabela 3:** Estatística descritiva para os eventos de chuva efetiva. n – número de eventos identificados.

ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA OS EVENTOS DE CHUVA EFETIVA										
	n	Amplitude	Minima	Maxima	Soma	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de variação	Coefficiente de assimetria	Curtose
ST – INMET	91	117,8	10,2	128	2463,1	27,1	21,86	0,81	2,655	8,269
ST – ITEP	121	127,8	10,2	138	3277,	27,1	20,94	0,77	2,740	9,273
SCBV	175	69	10	79	4173,2	23,8	13,52	0,57	1,440	2,109
Triunfo	210	103	10	113	6261,7	29,8	20,43	0,69	1,639	2,850

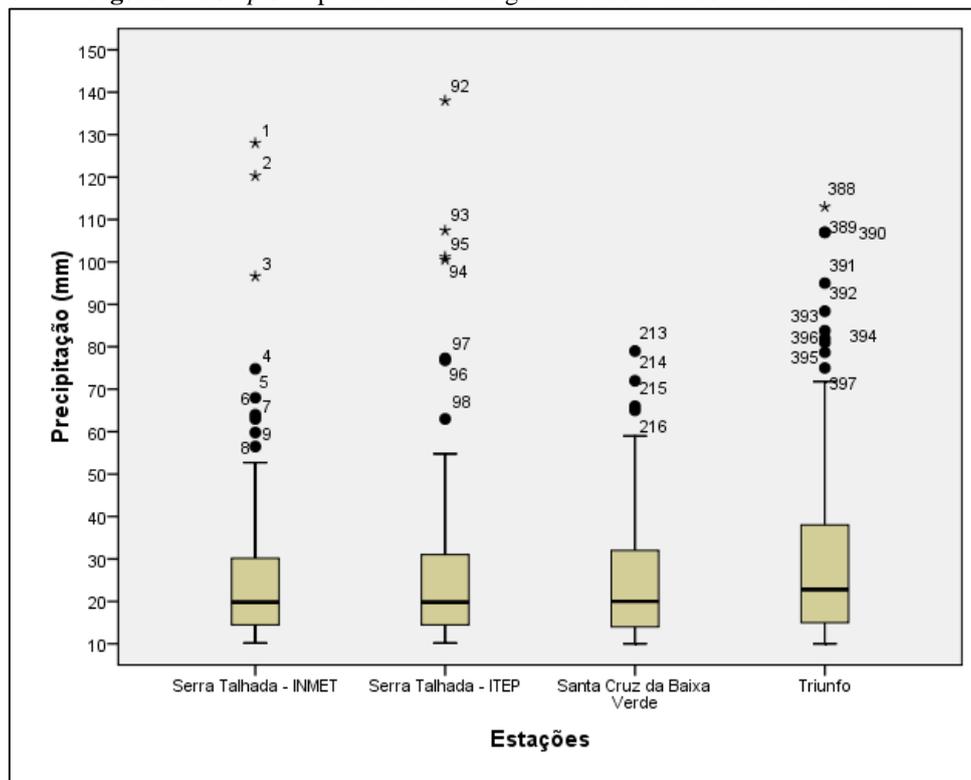
Inicialmente é necessário lembrar que o número de dias de chuva efetiva é diferentes para cada uma das PCDs, indicados na coluna “n”, o número de dias em conjunto com a média de precipitação (mm) é que irá controlar a quantidade de umidade em cada um dos postos. Deste modo, apesar das PCDs de Serra Talhada apresentarem os valores mais altos de precipitação diária, com 127,8 mm e 117,8 mm para as PCDs ITEP e INMET respectivamente, elas irão apresentar os menores valores anuais de precipitação. Por outro lado, apesar de apresentar totais anuais altos a estação de Santa Cruz da Baixa Verde apresentou o menor valor máximo com 79 mm, como também menor média com 23,8 mm, e menor coeficiente de variação com 0,57 mm, o que também se reflete na assimetria que é a menor entre as 4 PCDs, com 1,44.

**Figura 6:** Histogramas da frequência acumulada das chuvas efetivas.



A partir desses índices é possível afirmar que em Santa Cruz da Baixa Verde há uma menor irregularidade no volume das chuvas efetivas; sendo o oposto com o que ocorre nas estações de Serra Talhada que apesar das máximas e médias altas, 27,1 mm de média para as duas PCDs, apresenta alto coeficiente de variação com 0,81 e 0,77, INMET e ITEP respectivamente. Além de um maior coeficiente de assimetria, que demonstra que apesar da média ser 27,1 mm a maior parte das precipitações estão concentradas em faixas bem mais baixas, próximo dos 10 mm, e ao mesmo tempo mostra o impacto dos eventos máximos/extremos para o volume total de precipitação, consequentemente para os outros valores como média e coeficiente de variação.

**Figura 7:** *Box-plot* representando a magnitude dos eventos de chuva efetiva.



Já Triunfo apresenta a maior média, 29,8 mm, além de um coeficiente de variação e amplitude menor, 0,69 e 1,639 respectivamente, que as estações de Serra Talhada indicando uma menor participação nos eventos de menor magnitude, o que pode ser observado no histograma das frequências acumuladas para a PCD (figura 6); no qual se pode observar uma maior distribuição para valores mais altos, como 50 e 60 mm, o que também pode ser observado no *box-plot* (figura 7). Analisando os histogramas observa-se para as quatro PCDs, de forma geral, a predominância percentual de eventos de menor magnitude, até os 30 mm, chegando próximo a 65% para Triunfo a até cerca de 75% dos eventos para Serra Talhada INMET.

Ao mesmo tempo observam-se os percentuais dos grandes eventos que se apresentam fora da distribuição da curva normal em especial para as estações de Serra Talhada. Tais eventos podem ser facilmente visualizados a partir do gráfico tipo *Box-plot* (figura 07), marcados como valores anômalos (pontos), entre o máximo mais 1,5 vezes o valor interquartil, e valores extremos (estrelas), acima do limite máximo mais 1,5 vezes o valor interquartil. Deste modo, é possível verificar a ocorrência para Serra Talhada INMET de 3 eventos extremos e 6 anômalos; para Serra Talhada ITEP de 4 eventos extremos e 3 anômalos, para Santa Cruz da Baixa Verde de 4 eventos anômalos; e para Triunfo de 1 evento extremo e 9 anômalos. Tal dado corrobora as afirmações anteriores em um maior impacto de eventos de grande magnitude para as estações

de Serra Talhada, em especial a INMET, em comparação com as outras duas estações, em especial Santa Cruz da Baixa Verde. Sendo comprovado pela participação percentual desses eventos, onde para as estações de Serra Talhada representam 9,9% e 5,8%, INMET e ITEP respectivamente, dos eventos de chuva efetiva, enquanto que em Santa Cruz da Baixa Verde e Triunfo eles representam 2,3% e 4,8% respectivamente.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise realizada foi possível identificar a relação entre o aumento da altimetria e o aumento da umidade, não apenas relacionado ao volume total de precipitação anual, mas como em outros índices como dias de chuva e sobre o período seco, caracterizado pelos índices de dias consecutivos secos. Esse comportamento só é diferente ao se analisar o índice de número de dias com chuva, possivelmente distorcido pela diferença de sensibilidade das estações, onde as estações de Serra Talhada captam dias com precipitação menores de 1mm em maior quantidade que as outras estações.

Os índices sobre dias consecutivos sem chuva são especialmente importantes para o desenvolvimento e caracterização da vegetação, e após a ocupação antrópica para a agricultura não irrigada. O que ficou claro com os valores superiores, chegando a mais que o dobro, de dias consecutivos sem chuva, e sem chuva efetiva, para a estação Serra Talhada INMET que se encontra na depressão sertaneja e dentro do domínio do semiárido severo.

Contudo a relação altitude/umidade não cresce de maneira linear, ou seja, não há uma relação do tipo para um aumento “x” na altitude há um aumento “y” para quantidade de chuva. Um dos motivos é a relação entre a topografia irregular da bacia com os mecanismos de formação de chuva, sendo variável dependendo das características envolvidas para cada evento chuvoso. Por causa disso em certos períodos há discrepâncias na relação altitude/umidade, como no período 2010-2011 quando a precipitação em Santa Cruz da Baixa Verde foi inferior a precipitação registrada na PCD LAMEPE/ITEP em Serra Talhada, mesmo esta estação estando a mais de 300 metros abaixo da estação de Santa Cruz da Baixa Verde.

Focando na questão da não linearidade da relação altitude-precipitação, utilizando apenas a média de precipitação anual, observa-se que o aumento de precipitação não é linear nem proporcional ao aumento da altitude. Por exemplo, há um aumento de 23% da altitude entre a PCD INMET Serra Talhada para a PCD LAMEPE/ITEP Serra Talhada e um aumento de 30% na precipitação anual; da PCD LAMEPE/ITEP Serra Talhada para a PCD Santa Cruz

da Baixa Verde há um aumento de 65% da altitude e apenas 14% na precipitação; terminando com um aumento de 22% da altitude e 46% da precipitação entre as PCDs de Santa Cruz da Baixa Verde e de Triunfo. Tal resultado fortalece a ideia que o aumento altimétrico não é o único fator que controla o aumento da precipitação, e que as especificidades da topografia local pode ser o fator preponderante para o aumento das precipitações.

Por fim, observa-se de forma geral o comportamento homogêneo, o qual pode ser observado nas curvas dos totais de chuva na figura 03, das estações submetidas à topografia irregular da Serra da Baixa Verde e que se situam acima do patamar altimétrico da Depressão Sertaneja. Como também, as áreas da Serra da Baixa Verde devido sua maior altimetria e as especificidades da topografia local apresentam uma resposta atenuada aos períodos de seca regional, podendo-se observar claramente no período 2010-2011, onde apenas a PCD INMET de Serra Talhada, inserida na Depressão Sertaneja na cota de 416m, teve índices abaixo das médias, enquanto que as outras 3 estações apresentaram índices acima das médias, caracterizando um ano chuvoso. Tal cenário mostra a existência de eventos de chuva específicos para a área da Serra da Baixa Verde, eventos locais restritos as áreas elevadas da bacia; e possivelmente a outras áreas elevadas da região, gerando assim os conhecidos “brejos de altitude” do semiárido nordestino.

Ao analisar as chuvas efetivas, variável que apresenta maior grau de correlação com a mudança de altitude, observou-se a importância dos eventos de grande magnitude em especial para a PCD Serra Talhada INMET, representando cerca de 10% do total dos eventos de chuva efetiva. Tal importância só reforça a maior irregularidade das chuvas na parte da depressão sertaneja, já indicada pelos altos coeficientes de variância para as diferentes variáveis.

Por fim, é visível a necessidade da análise climática pormenorizada para estudos ambientais, mesmo quando o recorte espacial é uma pequena bacia hidrográfica (142 Km como é o caso da bacia trabalhada nessa pesquisa), pois devido a irregularidade da topografia pode haver mudanças drásticas nas características climáticas em especial no comportamento e características da precipitação em distâncias curtas. Como é o exemplo da bacia do riacho do Saco, onde há quatro patamares diversos de precipitação em menos de 20 Km de distância, e mesmo uma diferença altimétrica de 100 metros pode gerar uma modificação no comportamento da precipitação, como é visto entre as duas PCDs de Serra Talhada que encontram-se a uma distância horizontal de pouco mais de 6 Km. Essas variações alteram todo o contexto de análise e gestão ambiental para pequenas áreas, a qual deve ser realizada levando em consideração todas as variações ambientais existentes.

## REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, Aziz Nacib. (2003). *Os domínios de Natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas*. São Paulo: Ateliê Editorial.
- ARAGÃO, Maria Regina; MENDES, Mônica Cristina; CAVALCANTI, Iracema Fonseca; & CORRÊA, Magaly de Fátima. (2007). Observational study of a rainy January day in the Northeast Brazil semi-arid region : synoptic and mesoscale characteristics. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* , 133, 1127-1141.
- Aviad, Y., Kutiel, H., & Lavee, H. (2009). Variation of Dry Days Since Last Rain (DDSLR) as a measure of dryness along a Mediterranean - Arid transect. *Journal of Arid Environments* (73), 658-665.
- CANDIDO, Daniel Henrique; & NUNES, Lucí Hidalgo (2008). Influência da orografia na precipitação da área entre o vale do rio Tietê e a serra da Mantiqueira. *GEOUSP* (24), 08-27.
- CARVALHO, José Ruy Porto de; ASSAD, Eduardo Delgado & PINTO, Hilton Silveira (2012). Interpoladores geoestatísticos na análise da distribuição espacial da precipitação anual e de sua relação com a altitude. *Pesq. Agropec. Brasileira*, v. 47, n.9 , 1235-1242.
- CHEN, Xi ; CHEN, Yongqin David & XU, Chong-yu (2007). A distributed monthly hydrological model for integrating spatial variations of basin topography and rainfall. *Hydrological process* (21), 242-252.
- COLTON, Donald E. (1976). Numerical Simulation of the orographically induced precipitation distribution for use in hydrologic analysis. *Journal of applied meteorology* , 15 (12), 1241-1251.
- CORRADINI, Corrado (1985). Analysis of the effects of orography on surface rainfall by a parameterized numerical model. *Journal of Hydrology* (77), 19-30.
- CORRÊA, Antonio Carlos de Barros (2001). *Dinâmica geomorfológica dos compartimentos elevados do Planalto da Borborema, Nordeste do Brasil*. Tese (Doutorado). Universidade Estadual Paulista, Campus Rio Claro, Curso de Pós-Graduação em Geografia, Rio Claro.
- CORRÊA, Antonio Carlos de Barros; TAVARES, Bruno de Azevedo; MONTEIRO, Kleython de Araújo; CAVALCANTI, Lucas Costa; & LIRA, Daniel Rodrigues (2012). Megageomorfologia e morfoestrutura do Planalto da Borborema. *Revista do Instituto Geológico* (31 (1/2)), 35-52.
- CUNHA, D. G., & VECCHIA, F. (2007). As abordagens clássica e dinâmica de clima: uma revisão bibliográfica aplicada ao tema da compreensão da realidade climática. *Ciência e Natura* , 29 (1), 137 - 149.
- DINIZ, Maryfrance C. S.; CORREIA, Magaly F.; & ARAGÃO, Maria Regina da Silva (2009). Convecção profunda no submédio do rio São Francisco: uma avaliação das condições atmosféricas na área do aeroporto de Petrolina-PE. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.9, n.3 , 273-285.

- DUARTE, Cristiana Coutinho; GALVÍNCIO, Josiclêda; CORREA, Antonio Carlos de Barros; & ARAÚJO, Maria do Socorro Bezerra de (2007). Análise fisiográfica da bacia hidrográfica do Rio Tapacurá - PE. *Revista de Geografia: UFPE* , 50-64.
- FORESTI, Loris; KANEVSKI, Mikhail & POZDNOUKHOV, Alexei (2012). Kernal-based mapping of orographic rainfall enhancement in the Swiss Alps as detected by weather radar. *IEEE Transactions on geoscience and remote sensing* , 1-14.
- FRITZSONS, Elenice; MANTOVANI, Luiz Eduardo; WREGE, Marcos Silveira & CHAVES NETO, Anselmo (2011). Análise da pluviometria para definição de zonas homogêneas no Estado do Paraná. *RAEGA* , 555-572.
- GAO, X., XU, Y., ZHAO, Z., PAL, J. S., & GIORGI, F. (2006). ON the role of resolution and topography in simulation of East Asia precipitation. *Theoretical and applied climatology* (86), 173-185.
- GIRÃO, Osvaldo (2009). Mudanças climáticas globais: impactos sobre o espaço nordestino - o aumento dos eventos pluviais extremos. *Revista de Geografia: UFPE* , 216-255.
- GRAF, William L. (1988). *Fluvial Process in Dryland Rivers*. Caldwell: The Blackburn Press.
- KULIGOWSKI, Robert J. & BARROS, Ana P. (2001). Blending multiresolution satellite data with application to the initialization of an orographic precipitation model. *Journal of applied meteorology* (40), 1592-1606.
- KUNZ, Michael & KOTTMEIER, Christoph (2006). Orographic enhancement of precipitation over low mountain ranges. Part I: model formulation and idealized simulations. *Journal of applied meteorology and climatology* (45), 1025-1040.
- LEITE, Maysa de Lima; ADACHESKI, Patricia Alves & VIRGENS FILHO, Jorim Sousa das (2011). Análise da frequência e da intensidade das chuvas em Ponta Grossa, Estado do Paraná, no período entre 1954 e 2001. *Acta Scientiarum, Technology* , 33 (1), 57-64.
- LEITE, Maysa de Lima; ADACHESKI, Patricia Alves & VIRGENS FILHO, Jorim Sousa das (2010). Estudo da variabilidade da precipitação pluvial em municípios da região sul dos Campos Gerais. *Revista Brasileira de Climatologia* , 6, 135-150.
- LEVIN, Jack & FOX, James Alan (2004). *Estatística para ciências humanas* (9 ed.). São Paulo: Prentice Hall.
- LUCENA, Joselma; SOUZA, Bartolomeu Israel; MOURA, Marcelo de Oliveira & LIMA, Joab de Oliveira (2012). Análise da variabilidade da precipitação pluviométrica como subsídio para o planejamento agrícola em Caicó/RN. *Revista Brasileira de Climatologia, Ano 8, volume 10* , 121-135.
- MELLO, C., LIMA, J., SILVA, A., MELLO, J., & OLIVEIRA, M. (2003). Krigagem e inverso do quadrado da distância para a interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas. *R. Bras. Ci. Solo* , 925-933.
- MENDONÇA, Francisco (2007). *Climatologia: noções básicas e climas do Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos.

- OLIVEIRA, G. C., ALVES, K. M., & NÓBREGA, R. S. (2010). Sistemas atmosféricos dinâmicos de grande escalas responsáveis pela ocorrência de chuva no nordeste brasileiro.
- REISER, H., & KUTIEL, H. (2008). Rainfall uncertainty in the Mediterranean: definition of rainy season - a methodological. *Theoretical and Applied Climatology* (94), 35-49.
- SOUZA, Jonas Otaviano Praça de (2011). *Sistema fluvial e açudagem no semi-árido, relação entre a conectividade da paisagem e dinâmica da precipitação, na bacia de drenagem do riacho do saco, Serra Talhada, Pernambuco*. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio ambiente, Recife.
- XAVIER, Teresinha de M<sup>a</sup> Bezerra; XAVIER, Airton Fontenele Sampaio; DIAS, Maria Assunção Faus da Silva & DIAS, Pedro Leite da Silva (2003). Interrelação entre eventos ENOS (ENSO), a ZCIT (ITCZ) no Atlântico e a chuva nas bacias hidrográficas do Ceará. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 8 n.2, 111-126.
- Zhang, V., Jiang, F., Wei, W., Liu, M., Wang, W., Bai, X., et al. (2012). Changes in annual maximum number of consecutive dry and wet days during 1961-2008 in Xinjiang, China. *Natural Hazards and Earth System Sciences* (12), 1353-1365.