



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

**RENATO MARQUES SANCHES PEREIRA**

**DISTRIBUIÇÃO DAS CHUVAS NO MACIÇO DA TIJUCA**

Prof. Dr. HENDERSON SILVA WANDERLEY  
Orientador

SEROPÉDICA, RJ  
NOVEMBRO – 2017



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

**RENATO MARQUES SANCHES PEREIRA**

**DISTRIBUIÇÃO DAS CHUVAS NO MACIÇO DA TIJUCA**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Prof. Dr. HENDERSON SILVA WANDERLEY  
Orientador

SEROPÉDICA, RJ  
NOVEMBRO– 2017

**DISTRIBUIÇÃO DAS CHUVAS NO MACIÇO DA TIJUCA**

**RENATO MARQUES SANCHES PEREIRA**

Monografia aprovada em 29 de novembro de 2017.

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Henderson Silva Wanderley – UFRRJ  
Orientador

---

Prof.Dr. Rafael Coll Delgado – UFRRJ  
Membro

---

Prof. Dr. Andrews José de Lucena – UFRRJ  
Membro

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a Deus  
e a toda minha família.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço ao nosso querido e bom Deus por nos proporcionar a centelha da vida, pelo ar que respiramos, pelos os olhos da alma para que possamos enxergar além dos sentidos, pelas as bênçãos que nos dá em cada santo dia de sua criação em toda a eternidade, pelo amor que nos alimenta, pela a bondade e a inteligência suprema, pela oportunidade de podermos evoluir e a misericórdia de cada dia.

Agradeço pelos meus familiares, Pais, Irmã, Tios e Tias, Primos e Primas, namorada, irmãos menores (cachorros e gatos), amigos de todo e sempre, irmãos de ontem, hoje e de amanhã, e as pessoas que a vida nos dá como uma dádiva de Deus, pela oportunidade de crescer como um ser humano do bem, por me ensinar o caminho do amor, do respeito, da simplicidade, da alegria e de tudo que é bom e belo.

Agradeço pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Universidade federal de Tocantins, e a todas as outras escolas ou cursos que passei, aos Professores e aos meus amigos de classe por passarmos por muitas dificuldades juntos, com muita raça, disciplina e perseverança, além das risadas e diversões dos momentos diversos.

Agradeço ao meu orientador por esta oportunidade de podermos juntos em participar na construção de um singelo conhecimento científico em prol das pesquisas relacionadas à importância das nossas Florestas urbanas.

## RESUMO

Devido à importância do conhecimento de sistemas que interferem na distribuição das chuvas do Município do Rio de Janeiro, este estudo teve como objetivo identificar regiões homogêneas de distribuição das chuvas sobre a influência do Maciço da Tijuca na cidade do Rio de Janeiro. Para esse fim, foram utilizadas informações médias mensais de 14 estações pluviométricas provenientes do Sistema Alerta Rio, compreendidas no período de 1997 a 2016, as quais estão localizadas no Maciço e em seu entorno. Para identificar regiões homogêneas de distribuição das chuvas foi utilizada a análise de cluster pelo método de Ward. A análise de cluster identificou 4 grupos homogêneos quanto a distribuição anual das chuvas para as estações localizadas no maciço da Tijuca e no seu entorno. O grupo 1 foi constituído das estações de Vidigal, Rocinha, Jardim Botânico e Barra/Itanhangá. Grupo 2 por apenas uma estação Alto da Boa Vista. No grupo 3 representado por Tijuca, Santa Tereza, Copacabana e Grajaú. Já o grupo 4 as estações de Piedade, Grande Méier, Madureira, Jacarepaguá/Cidade de Deus e Jacarepaguá/Tanque. O agrupamento das estações mostrou a influência direta de sua localização ao Maciço da Tijuca (barlavento e sotavento), altitude, cobertura florestal e proximidade ao oceano. Foi observado na distribuição pluviométrica anual que os máximos ocorrem na parte superior do Maciço da Tijuca, coletada na estação Alto da Boa Vista, com 2078,4 mm e altitude 355 m, o qual é a única representante do grupo 2. A estação Alto da Boa Vista se destaca das demais por seu elevado índice pluviométrico durante todo o ano, especialmente na época do inverno (período seco), quando a precipitação média chega a ser maior do que o total observado das estações na época de chuvas. À medida que se afasta do Maciço os valores das chuvas foram menores, sendo observado mínimo de 1061,5 mm na estação de Madureira, localizada na Zona Norte da cidade. Esta estação é uma das representantes do grupo 4, as quais foram agrupadas em função de estarem localizadas a sotavento do Maciço, junto com as demais que compõem o grupo. Conforme observado, os resultados mostraram que o efeito do relevo do Maciço da Tijuca exerceu influência significativa sobre a distribuição das chuvas na cidade do Rio de Janeiro.

**Palavras-chave:** Chuvas, Floresta urbana, Análise de cluster.

## ABSTRACT

Due to the importance of knowledge of systems that interfere in the distribution of rainfall in the city of Rio de Janeiro, this study aimed to identify homogeneous regions of the spatial distribution of rainfall on the influence of the Tijuca Massif in the city of Rio de Janeiro. For this purpose, the average monthly information of 14 rainfall stations from the Rio Alerta System, comprised between 1997 and 2016, was used which are located around the Massif. To identify homogeneous regions of precipitation distribution cluster analysis was used by the Ward method. The cluster analysis identified four homogeneous groups regarding the annual rainfall distribution for the stations located in the Tijuca massif and its surroundings. Group 1 consisted of Vidigal, Rocinha, Jardim Botânico and Barra / Itanhangá stations. Group 2 for only one Alto da Boa Vista station. In group 3 represented by Tijuca, Santa Tereza, Copacabana and Grajaú. Group 4 is the Piedade, Grande Méier, Madureira, Jacarepaguá / Cidade de Deus and Jacarepaguá / Tanque stations. The clustering of the stations showed the direct influence of its location on the Tijuca (windward and leeward) massif, altitude, forest cover and proximity to the ocean. It was observed in the annual rainfall distribution that the maximums occur in the upper part of the Tijuca massif, collected at Alto da Boa Vista station, with 2078,4 mm and altitude 355 m, which is the only representative of group 2. Alto da Boa Vista station stands out from the others because of its high rainfall throughout the year, especially during the dry season, when the average precipitation is higher than the total observed in the rainy seasons. As it moves away from the Massif, precipitation values were lower, with a minimum of 1061.5 mm being observed at the Madureira station, located in the North Zone of the city. This station is one of the representatives of group 4, which were grouped according to being located to the leeward of the Massif, together with the others that compose the group. As observed, the results showed that the effect of the relief of the Tijuca Massif exerted influence on the spatial distribution of rainfall in the city of Rio de Janeiro.

**Keywords:** Rainfall, Urban forest, Cluster Analysis.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	ix
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	x
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	3
2.1 Mata Atlântica.....	3
2.2 Maciço da Tijuca na paisagem do Rio de Janeiro.....	3
2.2.1 Histórico da floresta e políticas conservacionistas .....	5
2.3 O Efeito da floresta na interceptação de umidade .....	7
2.3.1 Precipitação Oculta .....	7
2.3.2Efeitos das florestas sobre o regime de vazão e propriedades hidráulicas do solo .....	9
2.3.3Fatores que causam chuva no sudeste	9
2.3.4 Relação da Zona de convergência do Atlântico Sul, Sistema frontal e o Anticiclone subtropical do atlântico sul com a precipitação no sudeste brasileiro.....	13
2.4 Análise de Cluster .....	16
2.4.1 A importância da Análise de Clusters na classificação .....	18
2.4.2 Etapas da Análise de Clusters .....	18
2.4.3 Propriedades das Medidas de semelhança e de dissemelhança .....	18
2.4.4 Distância Euclideana .....	19
2.4.5 Métodos Hierárquicos .....	20
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	24
3.1 Área de Estudo .....	24

3.2 Dados Utilizados .....	25
3.2.1 Análise de Cluster .....	27
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>29</b>
4.1 Regiões homogêneas de precipitação.....	29
4.2 Análise da distribuições das chuvas na área de estudo .....	39
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>47</b>
<b>6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>49</b>

## LISTA DE TABELAS

		<b>Pag.</b>
<b>Tabela 1</b>	Informações geográficas das estações utilizadas no estudo .....	26
<b>Tabela 2</b>	Matriz de proximidade da distância Euclidiana entre as estações .....	31
<b>Tabela 3</b>	Estatística das estações que compõem o grupo 1 .....	32
<b>Tabela 4</b>	Estatística da estação que compõe o grupo 2 .....	35
<b>Tabela 5</b>	Estatística das estações que compõem o grupo 3 .....	36
<b>Tabela 6</b>	Estatística das estações que compõem o grupo 4 .....	38

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pag.</b>
Figura 1	Posição do Maciço da Tijuca no Município do Rio de Janeiro ..... 4
Figura 2	Exemplo ilustrativo de uma Zona de Convergência do Atlântico Sul..... 14
Figura 3	Ilustração da distância Euclidiana ..... 20
Figura 4	Exemplificação de uma estrutura de uma árvore hierárquica ..... 21
Figura 5	Exemplo de dendograma..... 22
Figura 6	Dendograma cortado por linhas para obtenção de grupos..... 23
Figura 7	Uma terminologia associada e sua forma estrutural ..... 23
Figura 8	Distribuição das estações utilizadas no estudo ..... 24
Figura 9	Dendograma com a divisão dos grupos homogêneos..... 30
Figura 10	Média mensal da precipitação das estações dos grupos 1 ..... 32
Figura 11	Distribuição dos grupos ..... 33
Figura 12	Média mensal da precipitação da estação do grupo 2..... 34
Figura 13	Média mensal da precipitação apresentada pelo grupo 3 ..... 35
Figura 14	Média mensal da precipitação apresentada pelo grupo 4 ..... 38
Figura 15	Média anual das chuvas nas estações em análise..... 39
Figura 16	Período chuvoso..... 43
Figura 17	Período seco..... 45

## 1. INTRODUÇÃO

O aumento da população vivendo nas cidades nas últimas décadas tem intensificado o processo da urbanização e com isso trazendo efeitos e alterações relativamente significantes no ambiente natural, no qual grandes áreas compostas por vegetações nativas são substituídas por materiais e equipamentos urbanos (GHENO et al., 2012). Com isso, essas áreas passaram a ficar mais escassas e fragmentadas dos ambientes originais.

Este processo global de fragmentação de habitats é considerado a mais relevante alteração feita pela sociedade ao meio ambiente. Habitats naturais que tinham uma continuidade foram alterados em ambientes de semelhança a um mosaico, composto por manchas afastadas do seu habitat de origem (REIS & CONCEIÇÃO, 2010).

Florestas urbanas em fragmentos, mesmo que sofrendo essas ações humanas e também não poderem ter essa conexão com outras áreas verdes, apresentam e desempenham um grande atributo social, podendo estar correlacionadas com as condições de clima e com suas características físicas, possibilitando uma gama de atribuições (DACANAL et al., 2010).

Muitas dessas funções que esses fragmentos urbanos proporcionam são destacadas as melhores condições climáticas, amenização acústica, atuam de forma a filtrar as partículas poluentes do ar, além de proteger o solo, manter a sobrevivência da avifauna (BIONDI, 2008).

Sabe-se a real importância de sua presença nas cidades, porque condicionam uma melhora na qualidade de vida da população e melhora a qualidade ambiental das mesmas (LIMA, 2011). Essas superfícies de vegetação conseguem amenizar as condições climáticas. Por outro lado, áreas onde se encontram muitas construções favorecem no armazenamento de calor, pelo fato de aglomerarem diversos materiais urbanos (FRANÇA, 2012).

Nessas áreas densamente construídas suas temperaturas apresentam maiores valores quando comparadas ao seu entorno, resultando em um fenômeno chamado de Ilhas de Calor Urbano – ICU (LEAL, 2012), a qual, o mesmo contribui na qualidade de vida da população.

As variações dos microclimas se relacionam com esses tipos de uso e ocupação do solo, pois a falta dessas áreas verdes impermeabiliza o solo devido às construções, além do excesso de fluxo de veículos, que aumentam a capacidade de retenção de calor

e conseqüentemente na diminuição de umidade do ar, resultando em um desconforto ambiental para os habitantes que circulam essas regiões e podem modificar a distribuição das chuvas (GHENO et al., 2012).

Para cidades como o município do Rio de Janeiro, que tem a segunda maior mancha urbana do território brasileiro e sendo considerado um dos maiores e mais importantes centros da economia e cultura de toda a América Latina, apresenta clima tropical, porém, devido ao seu relevo e topografia, que se caracterizam com áreas de baixadas e regiões montanhosas, os microclimas ali encontrados são diferentes (DERECZYNSKI et al.,2009).

O clima tem grande influência sobre as atividades humanas e o seu entendimento na dinâmica da natureza pode colaborar para o programa de atividades que tem como objetivo à melhoria da qualidade de vida. Deste modo, uma das variáveis meteorológicas mais importantes para os estudos climáticos é a precipitação. O conhecimento de suas distribuições espaciais e temporais é fundamental para definir e caracterizar o clima de uma região, ou cidade como o Rio de Janeiro (DERECZYNSKI et al.,2009).

No entanto, a climatologia da precipitação na cidade do Rio de Janeiro sofre variações significativas de sua topografia, pois seu desenvolvimento se deu ao entorno de maciços como o da Tijuca, o qual a separa em duas zonas distintas chamadas de Zona Norte e Zona Sul. O Maciço da Tijuca é um sistema geomorfológico situado no município do Rio de Janeiro e de grandes características topográficas, como o relevo acidentado e bastante variado (DERECZYNSKI et al.,2009).

Sua influência no microclima da cidade do Rio de Janeiro já foi ratificada quando inicialmente o Maciço da Tijuca continha uma densa floresta, a qual foi rigorosamente desmatada com a finalidade de atender aos madeireiros, para produção de carvão e posteriormente para a plantação de café (VINAGRE, 2012).

Uma das conseqüências desse desmatamento foi o grande déficit hídrico que se estabeleceu sobre a cidade do Rio durante o período do Império. No entanto, a real influência do Maciço da Tijuca na distribuição das chuvas na cidade do Rio de Janeiro não foi quantificada (VINAGRE, 2012). Devido à carência de estudos na área da distribuição de chuvas, no município do Rio de Janeiro e recebendo a influência do Maciço da Tijuca, este estudo tem como objetivo identificar regiões homogêneas de chuvas utilizando uma aplicação denominada análise de cluster.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Mata Atlântica**

O bioma Mata Atlântica é caracterizado e reconhecido como um bioma que possui diversidade vasta, o que o torna uma das principais reservas mundiais de biodiversidade e de relevância ecológica (MYERS et al., 2000). No entanto, possui aproximadamente 10% da sua cobertura de origem (SOS MATA ATLÂNTICA e INPE, 2011). Onde são encontrados seus principais vestígios de floresta nas elevadas Serra do Mar (BERTONCELLO et al., 2011).

Neste bioma moram cerca de 70% da população, nos quais suas florestas foram reduzidas em pequenos fragmentos sendo indispensável na vida de cerca de 120 milhões de brasileiros, os quais vivem em seu território; em que são gerados aproximadamente 70% do PIB brasileiro. Este concentra restingas, campos de altitude, manguezais além de outras formações florestais (INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORESTAS, 2013).

Isto mostra que o bioma sofreu muito com a ocupação antrópica sem organização sustentável, no que resulta em uma perda dos seus serviços ambientais (MARTINS, 2001).

A partir dos períodos iniciais da colonização se deram a exploração, com a presença de ciclos da economia os quais as florestas se transformavam em campos da agricultura, além de indústrias e áreas urbanas (RODRIGUES et al., 2009).

A floresta foi-se reduzindo, perdendo sua biodiversidade e ocasionando extinção de potenciais espécies desconhecidas tendo como efeito direto na qualidade de vida de toda a população (FEARNSIDE, 2006).

### **2.2 Maciço da Tijuca na paisagem do Rio de Janeiro**

O Maciço da Tijuca está localizado na parte sudeste do município (Figura 1), o qual é drenado por bacias hidrográficas quais deságuam em reservatórios como lagoas costeiras da baía de Guanabara e no oceano Atlântico. O Rio de Janeiro é uma cidade que descreve um ecossistema representado por formas de montanhas envolvidas por planícies fluvio-marinhas que se conectam por canais de redes os quais escoam para diferentes reservatórios.

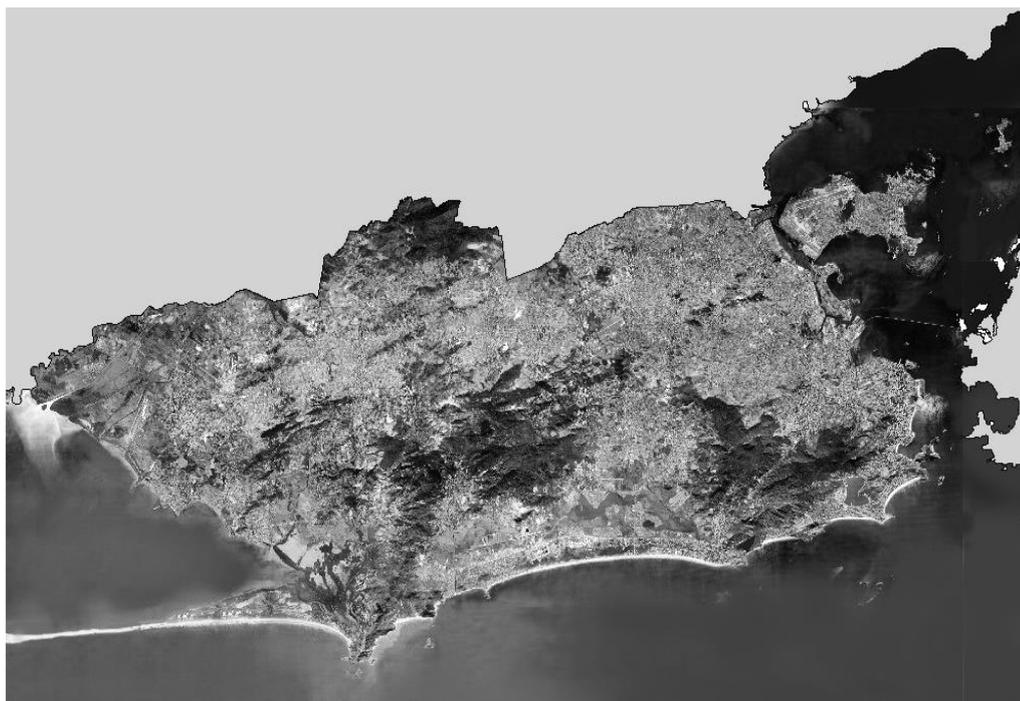


Figura 1. Posição do Maciço da Tijuca no Município do Rio de Janeiro.

Fonte:(COELHO NETTO, 2005).

O Maciço da Tijuca vêm apresentando modificações ambientais ao aumento de uso e ocupações do solo na interface florestal-urbana, intensificando deslizamentos de suas encostas nas épocas de chuvas extremas. Mesmo que a pressão exercida pela metrópole ao seu entorno seja forte, os maciços montanhosos destacam esses remanescentes da Floresta Atlântica no panorama carioca (COELHO NETTO, 2005).

A pesar de que atualmente as taxas de crescimento demográfico do município do Rio de Janeiro tenha se mantido estável, a baixa economia que resulta de empobrecimento da comunidade, conectado com a procura de moradia próximo à oferta de emprego remunerado, tem incrementado o processo da história de construções irregulares de favelas, de origem nas primeiras décadas do século XX, tanto nas partes baixas, as baixadas, tanto nas encostas do maciço (FERNANDES et al., 1999.).

Importante mencionar que, áreas serranas assim como os outros maciços do litoral, o maciço da Tijuca tem como função uma grande relevância de armazenar e distribuir águas pluviais, nos quais convergem descargas fluviais (solúveis, sólidas e líquidas) para as partes baixas (baixadas) que as circundam, antes de chegarem aos reservatórios. A qualidade e quantidade de água são resultantes desta integração de sistemas hidrológicos, geocológicos e mecânicos (COELHO NETTO, 2005).

## 2.2.1 Histórico da floresta e políticas conservacionistas

A Mata Atlântica é um bioma da zona costeira brasileira que envolve inúmeras formações de florestas, manguezais, restingas, nos quais associados a uma grande diversidade, tal como hidro-climática. O maciço da Tijuca apresenta sua importância por apresentar remanescentes de Floresta Atlântica, identificados como Floresta Tropical Pluvial de Encosta, no qual se chama de Floresta da Tijuca (COELHO NETTO, 2005).

A Floresta da Tijuca foi desmatada e substituída por cafezais em meados dos séculos XVIII e XIX. Essa degradação acarretou uma desvalorização econômica das terras, atrelado a problemas ambientais relacionados á taxas altas de erosão superficial, apesar de ter enriquecido de forma repentina os exploradores da região, devido á concentração de fertilidade que se acumulou nos solos de floresta (DANTAS e COELHO NETTO, 1996). Como consequência desta falta de capacidade em estocar águas pluviais nos aquíferos, obteve-se uma queda dos mananciais de águas no qual forneciam água para a cidade.

Afrente deste problema econômico, associado à insatisfação dos cafeicultores ou proprietários de terras, e o aumento do abastecimento de água para a cidade, realizam-se os primeiros passos de medidas do governo em recuperar o ambiente diante desse cenário assolador. Iniciou-se uma caminhada de reflorestamento após as fazendas antigas de café serem desapropriadas, primeiramente com espécies heterogêneas e nativas (COELHO NETTO, 1985; ABREU, 1992; GEOHECO-UFRJ/SMAC-RJ, 2000).

Nas cabeceiras de drenagem, foram plantadas inicialmente 90.000 mudas, essa etapa de regeneração cresceu de forma progressiva sobre as áreas degradadas do maciço da Tijuca. Atualmente é resultado de um sistema de regeneração natural ou espontânea (OLIVEIRA et al., 1995).

Medidas de conservação foram executadas pelo poder público na segunda metade do século XX, no Rio de Janeiro, com iniciativas de criação das unidades de conservação ou reservas florestais, pela esfera federal, estadual ou municipal. Foi-se criado na década de 60, e denominado hoje de Parque Nacional da Tijuca, com uma área total de 39,51 km<sup>2</sup>, aproximadamente um terço da área do Maciço(119 km<sup>2</sup>) (COELHO NETTO, 2005).

A criação do parque se deu no ano de 1961, na época chamava-se Parque Nacional do Rio de Janeiro, e após do ano de 1967 ficou conhecido de Parque Nacional da Tijuca. Compreendendo uma área de 3.200 hectares sendo assim dividido em três áreas, no qual o primeiro setor que corresponde a Serra dos Três Rios, também chamada de Floresta da Tijuca, tem o seu maior pico com 1.021 metros de altitude dominada pelo Pico da Tijuca. (FREITAS, et al., 2002).

A Serra da Carioca, no setor segundo, domina-se pelo Pico do Corcovado e pelo Morro do Sumaré. O terceiro setor corresponde pela Pedra da Gávea e Pedra Bonita, que representa as encostas mais íngremes do parque (FREITAS, et al., 2002).

Esta área é bastante sensível se apresentando com uma grande fragilidade, porque, não somente a sua característica geomorfológica, mas também em seu entorno existem muitas áreas construídas com edificações, solo exposto, concentração de favelas, nos quais passaram a se alocar na década de 1950 consequentes do fluxo migratório em conjunto com a falta de políticas públicas em prol dessas populações (LIMA, 2007).

Outra importante medida de proteção à floresta foi com restrição à construção civil e também à ocupação desordenada de encostas acima da cota 100 m, obtidas através de legislações federais e municipais. Na presença da UNESCO e do Ministério do Meio ambiente, a floresta da Tijuca foi inserida como Reserva da Biosfera, no ano de 1992, pelo fato de representar um remanescente da Mata Atlântica que atualmente se encontra ameaçada pelo crescimento urbano (COELHO NETTO, 2005).

As florestas deste tipo quando estão preservadas retém cerca de 20% da média anual de chuvas de 2300 mm (COELHO NETTO, 2005). Aproximadamente 50% das chuvas anuais ficam estocadas em fraturas de rochas e nos solos, no qual retornam de forma lenta para a atmosfera por evapotranspiração (COELHO NETTO, 1985; MIRANDA, 1992; SILVEIRA, 1997). Considerado como um ambiente que tem capacidade própria de regular as condições hidro-climáticas, do equilíbrio do solo, das encostas, da biota como apontam as pesquisas do (CLEVELÁRIO JR. 1995).

## 2.3 O Efeito da floresta na interceptação de umidade

Em lugares costeiros e montanhosos, os nevoeiros acontecem com muita frequência e acabam que interferem: na dinâmica de nutrientes (WEATHERS e LIKENS, 1997), nos elementos hidrológicos dos ecossistemas (INGRAHAM e MATTHEWS, 1988), distribuição de espécies vegetais (KAPPELLE, 2004) e também na precipitação/dispersão de poluentes (EAGER e ADAMS, 1992).

O microclima em florestas tropicais montanhosas vem sendo estudado com o intuito de caracterização ao ciclo das chuvas existente na floresta, assim como a variação da umidade atmosférica, interceptação e infiltração das chuvas, nevoeiros, armazenamento de água nas copas e no solo, dentro outros (KNOLL e SCHREIBER, 2000), prestando assim, um papel fundamental em serviço ambiental hidrológico.

A interceptação é um processo hidrológico que consiste na retenção de água da chuva pelo dossel da floresta, a qual evapora para atmosfera antes de atingir o solo (SCHELLEKENS et al., 1999; ARCOVA et al., 2003).

Em florestas tropicais cerca de 4,5 a 24% da precipitação é interceptada pelo dossel das árvores (BRUIJNZEEL, 1990). No Brasil, a interceptação de chuva pela copa varia de 7,2% a 22%, dependendo do tipo de floresta (FUJIEDA et al. 1997). Em estudo realizado em floresta secundária de Mata Atlântica, 18,6% da precipitação foi interceptada pela vegetação, voltando em forma de vapor (ARCOVA et al., 2003).

A interceptação horizontal ocorre quando o nevoeiro encontra uma obstrução física natural (vegetação) ou artificial (construções, cercas, etc.). Na natureza as folhas interceptam a água atmosférica, acumulam gotículas até sua saturação, iniciando o gotejamento para o solo (TEXEIRA, 2015).

### 2.3.1 Precipitação oculta

Devido a ação do fluxo de ar e umidade na forma de nevoeiros em florestas tropicais de elevada altitude (LAWTON et al., 2001), é provável que a vegetação das florestas influencie no balanço hídrico de microbacias e que se apresente como uma exceção à regra, porque não somente a evapotranspiração neste tipo de ecossistema seja inferior (LIU et al., 2008), mas acontecem adicionais de entrada d'água por interceptação destes nevoeiros, ocasionando assim produtos de coeficientes de escoamento maiores (BRUIJNZEEL, 2004).

A precipitação causada pela interceptação horizontal denomina-se precipitação interna/chuva oculta (FERREIRA et al., 2005; GABRIEL e JAUZE, 2008) e representa um ingresso não formalmente computado de água para os balanços hídricos das bacias hidrográficas.

Ao se conectarem com o dossel da floresta, as micropartículas de água dos nevoeiros se amontoam sobre as folhas, ficam aglutinadas por coalescência e, após, atingem o solo das florestas em forma de gotículas ou escoadas pelo tronco das árvores (BRUIJNZEEL, 2001; BRUIJNZEEL e HAMILTON, 2001; FERREIRA et al., 2005; GABRIEL e JAUZE, 2008). Ficam armazenadas nos locais altos da vegetação, voltando para a atmosfera por evaporação (GARCIA-SANTOS et al., 2004).

As espécies vegetais interceptam de forma horizontal esses ventos que carregam umidade além dos nevoeiros (BUBB et al., 2002) precipitando-os na forma de chuva oculta (PRADA et al., 2009).

Esse aumento de água se denomina precipitação oculta (FERREIRA et al., 2005; GABRIEL e JAUZE, 2008). Podendo colaborar com valores correspondentes a 5-20% das chuvas em florestas tropicais úmidas (BRUIJNZEEL, 2004). Sendo importantíssimo quando se tem estação de seca em climas mais sazonais (LIU et al., 2008). Com isso a frequente exposição destes nevoeiros, nestes biomas, pode apresentar fontes adicionais de água pela interceptação dos mesmos.

Ao passo que nas florestas onde os nevoeiros são constantes evapotranspirando a cada ano dentre um intervalo de 700 e 1000 mm, e isso depende das condições de altitudes e também do grau de incidência da nebulosidade. Em outras florestas os valores totais compreendem-se dentre 1150 a 1350 mm (BRUIJNZEEL e HAMILTON, 2001).

Nas florestas úmidas tropicais a contribuição da chuva oculta pode variar entre 5-20% do valor de chuva pluviométrica (BRUIJNZEEL e PROCTOR, 1995), constituindo aportes superiores a 1.000 mm de chuva por ano (STADTMÜLLER e AGUDELO, 1990).

Os aquíferos podem ser abastecidos devido a essa contribuição de água proporcionado pela interceptação horizontal nas encostas (ASCHAN et al., 1994; SCHOLL et al., 2002) de forma a interferir na qualidade e quantidade de água retida na várzea e sendo liberada de forma gradual para a calha dos rios em épocas de estiagem.

Então a absorção de água da atmosfera estabelece um processo importante no ciclo hidrológico, onde são constantes os nevoeiros (BRUIJNZEEL e HAMILTON,

2001), representando um dos componentes primordiais do balanço hídrico das bacias hidrográficas (GARCIA-SANTOS et al., 2004; MCJANNET et al., 2006).

### 2.3.2 Efeitos das florestas sobre o regime de vazão e propriedades hidráulicas do solo

O escoamento superficial, o qual representa todo volume de água que deixa a microbacia tanto no momento que chove quanto após a chuva, e o escoamento de base, consistindo naquela água que consegue penetrar no solo, alimentando assim o lençol freático e que posteriormente chega ao curso d'água, são considerados dois sistemas principais para o rendimento hídrico de uma microbacia (RANZINI et al., 2011).

A retirada da vegetação, no caso de estações de seca, proporciona diminuição da vazão, pois atributos hidráulicos do solo são modificados de modo a elevar o escoamento superficial em detrimento do fluxo de base (VALDIYA e BARTARYA, 1989; ZIMMERMANN et al., 2006).

A remoção da floresta faz com que ocorra um aumento do escoamento superficial, pois provoca modificações nas propriedades hidráulicas do solo, por sua vez reduz a capacidade de infiltração e sua condutividade hidráulica (ZIEGLER et al. 2004).

O predomínio do escoamento superficial ou mesmo do fluxo de base é dirigido de forma predominante pela vegetação, topografia, propriedades hidráulicas do solo e principalmente por chuvas (DUNNE, 1978; TEIXEIRA, 2015). Essas mudanças em produção de água podem ser a consequência das alterações que ocorrem no escoamento de base, no escoamento superficial ou ambos (BROWN et al., 2005).

Um experimento realizado na área da Kōnta, a leste de Java, a floresta foi desmatada para uso de agricultura e urbanização, o que propiciou diminuição da infiltração, redução da recarga, aumento do escoamento superficial, abaixando o fluxo de base no período de estação seca, e na estação chuvosa um aumento nos picos de cheias (BRUIJNZEEL, 1989; TEIXEIRA, 2015).

### 2.3.3 Fatores que causam chuva no sudeste

A região sudeste apresenta um clima com muitas variações pluviométricas e térmicas os quais são condicionantes a sistemas de grande escala e, no aspecto regional, de forma apresentar sistemas de mesoescala que são responsáveis pelas principais modificações temporais (SATYAMURTY et al., 1998; ESCOBAR, 2007).

Os sistemas de mesoescala e grande escala podem atuar de forma juntas inibindo ou intensificando as consequências climáticas, principalmente com relação às chuvas e temperaturas (CAVALCANTI, 1982; DIAS, 1987; MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Os sistemas de escala planetária (5.000 km) e sinótica (1.000 km) se interagem com os movimentos locais, com características do oceano e da superfície, produzindo-se assim efeitos regionais meteorológicos. Sistemas como estes podem coibir ou acentuar a formação e condensação das nuvens, abaixar ou aumentar a temperatura e causar manifestações meteorológicas regionais (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

No Sudeste brasileiro, a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) em época de intensificação, é capaz de causar chuvas excepcionais, os quais ocorrem deslizamentos e cheias (GRIMM et al., 2007).

Já os sistemas de mesoescala (até 1.000 km) são motivados pela complexidade do relevo, grandes altitudes, adjacências aos ambientes costeiros sujeitos assim às influências continentais e correntes oceânicas. Efeitos tais como das brisas marítima/terrestre e dos ventos nos vales/montanhas mostram alterações atmosféricas diárias, ao passo que o fluxo sinótico demonstra efeito sazonal. As temperaturas altas existentes na costa são amenizadas pelos efeitos das brisas marítimas, pois trazem umidade para o interior do continente, no que influencia na formação de chuvas (CAVALCANTI, 1982; CORTINES2012).

A circulação local é influenciada pelos ventos que coincidem nas orientações vales/montanhas de forma mútua por causa das variações térmicas das superfícies (BITENCOURT et al., 2009), visto que as circulações locais também são dirigidas pelos atributos da superfície (propriedades térmicas, rugosidade aerodinâmica, tipo de cobertura vegetal e radioativas da superfície) e topografia que ocasionam nas alternâncias de pressão ou que conduzem o escoamento (INPE, 2011).

Alguns estudos, que relatam sobre a atuação do relevo no regime de precipitações e na circulação da atmosfera, são discursados regularmente e desenvolvidos nos Andes (LENTERS e COOK, 1995; FIGUEROA et al., 1995; BYERLE e PAEGLE, 2002).

As depressões que se formam entre as Serras da região Sudeste acabam oscilando em zonas elevadas e de baixadas, por onde são apresentadas encostas cujas angulações e exposições se diversificam, adequando ao escoamento do ar, microclimas diversos e áreas de distintas inquietações.

Temperaturas anuais e precipitações, nestas serras, dividem-se conforme aos atributos locais, induzida pela altitude. A elevação em altitude faz com que as temperaturas do ar reduzem e condicionam ao aumento das precipitações nas áreas a barlavento e a sotavento, mesmo que com efeitos distintos, todavia, todos conectados aos efeitos orográficos (SANT'ANNA NETO, 2005).

As áreas próximas ao litoral e a barlavento (direcionado para o mar) apontam índices maiores de precipitação do que a sotavento (abrigado do oceano). Contudo ocorre uma acentuação, nos índices de precipitação, conforme se distancia do litoral (SATTERLUND, 1972; VALERIANO e PICINI, 2003; SOARES et al., 2005a).

As formas como estão dispostas as criações do relevo relacionadas à costa, na Serra do mar, influenciam no regime de chuvas a valores superiores a 3.000 mm quando inclinadas para o Oceano Atlântico, ao passo que na direção a sotavento não atingem a 2.000 mm (SANT'ANNA NETO, 2005).

Por isso, existem relações diretas no aumento da precipitação nestas vertentes voltadas para o Oceano Atlântico com as chuvas orográficas. A maior concentração dessas chuvas, no estado do Rio de Janeiro, encontra-se na região Centro-Sul Fluminense (FIDERJ, 1978; CORTINES2012).

Quando as nuvens vão além da serra, já com baixa umidade acabam formando gradientes convenientes à evaporação, fazendo com que a sotavento as paisagens fiquem menos úmidas, com temperaturas mais elevadas do solo e do ar. No geral, a barlavento, as paisagens são úmidas, com parcelas de florestas maiores e mais biodiversas (MIRANDA e OLIVEIRA, 1983; OLIVEIRA et al., 1995; MARCONDES, 1996; MARQUES et al., 2004).

Outro processo que se assemelha com o das chuvas orográficas é com porções de ar próximas a saturação, chamadas de névoa úmida, ou repletas de umidade denominadas de nevoeiros, que quando se elevam às vertentes possibilita a condensação e precipitação. Por resfriamento dessas porções de ar é que são formados os nevoeiros, nuvens estratiformes, podendo ser formados muito próximos à superfície ou na mesma (CAMARGO, 2004).

A Causa do vapor d'água na atmosfera se deve a esse resfriamento, no qual forma pequenas gotículas ao redor dos núcleos de condensação que ficam suspensas no ar. Dois tipos principais são considerados na classificação dos nevoeiros: (a) aqueles formados quando uma parcela de ar se resfria; e (b) os frontais que se resultam quando a

precipitação está presente constantemente com a elevação da temperatura do ponto de orvalho (CAMARGO, 2004).

Devido a esse direcionamento do fluxo de ar na forma de nevoeiros, nuvens ou de ar seco, pela sequência de montanhas passam-se contornando as estruturas da superfície terrestre e representam as bacias aéreas. Essas bacias aéreas atuam como uma área física de três dimensões, em que ocorrem a captação e condução dos ventos por caminhos que se diversificam conforme os atributos topográficos, intensidade e direção dos ventos, propiciando com o sistema transferência de umidade (PIRES, 2005).

Portanto estas são setores do espaço utilizadas afim de monitoramento da qualidade do ar e locomoção de plumas de poluição, da mesma maneira que para desenvolver estratégias de mitigação de emissão e afastamento dos poluentes da atmosfera (OLIVEIRA et al., 2005; CHEN e LIN, 2005).

A constante presença de nevoeiros influencia com contribuição de água através da chuva oculta, atravessando pelas modificações dos elementos hidrológicos do ecossistema tal como, temperatura e radiação por meio de menor ou maior nebulosidade (INGRAHAM e MATTHEWS, 1988; CORTINES 2012).

A frequência de nevoeiros em locais montanhosos representa uma fonte a mais de umidade, essencialmente quando ocorrem as estações secas, onde está se torna limitada (BRUIJNZEEL, 2000).

As espécies vegetais interceptam de forma horizontal esses ventos que carregam umidade além dos nevoeiros (BUBB et al.,2002) precipitando-os na forma de chuva oculta (PRADA et al., 2009).

Portanto esta acontece no tempo em que as massas de ar úmidas são interceptadas horizontalmente propiciando a condensação das partículas de água que ficam suspensas na atmosfera. Acúmulos destas partículas ocorrem sobre as folhas do dossel, e ao se saturarem, ou ficam permanecidas nas partes superiores da vegetação, retornando-se assim por evaporação para atmosfera (GARCIA-SANTOS, 2007), ou gotejam para a base da floresta(FERREIRA et al., 2005; BARBOZA, 2007; GABRIEL e JAUZE, 2008).

Portanto isso representa de outra maneira, não formalmente computado, o ingresso de água para dentro do balanço hídrico das bacias hidrográficas. Então este percentual de umidade que ficam retidos nas copas, em ambientes saturados, abastece-se desta interceptação horizontal, no qual em condições adversas ou de ausência de

chuvas pluviométricas constituem um aumento de ganho de umidade. (FERREIRA et al., 2005; BARBOZA, 2007; GABRIEL e JAUZE, 2008).

Porém este aumento no balanço hídrico não é contabilizado por redes de postos pluviométricos de bacias hidrográficas, que geralmente se alocam em áreas abertas ou fora da floresta (FERREIRA et al., 2005; BARBOZA, 2007; GABRIEL e JAUZE, 2008).

#### 2.3.4 Relação da Zona de convergência do Atlântico sul, Sistema frontal e o Anticiclone subtropical do atlântico sul com a precipitação no sudeste brasileiro.

Para que haja uma compreensão da estação de chuvas no Sudeste Brasileiro é importante que se leve em consideração os sistemas atmosféricos de diversas escalas temporais. Inicia-se, a estação chuvosa, entre os dias 23 de setembro e 7 de outubro no sul da região sudeste (ALVES et al., 2002).

Nesta região sudeste encontra-se mais que 80% da totalidade de precipitações anuais, dentre os meses de outubro e março (ALVES et al., 2005). Devido ao efeito de frentes frias, no sul da região sudeste, o período chuvoso acaba que começa mais cedo.

Entretanto ao norte ocorre um atraso de 2 a 3 meses em comparação ao sul coincidindo com a ação da Zona de Convergência do Atlântico Sul em dezembro. Chuvas que começam mais cedo se deve ao fato de um elevado aumento da temperatura do Oceano Pacífico, ao passo que atrasam quando a temperatura do mar fica mais fria. (ALVES et al., 2005).

São processos meteorológicos diferentes tanto os Sistemas frontais (SF) quanto a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). A ZCAS tem como definição uma persistente banda de nebulosidade, com maior atividade durante o verão da América do Sul e tendo como característica um fluxo de umidade que converge em baixos níveis da troposfera, no sentido de noroeste e sudeste (NOGUÉS-PAEGLE; MO, 1997).

A definição dos sistemas frontais se dá como uma zona de transição referente a duas massas de ar com atributos diferentes como, por exemplo, densidade e temperatura, com a tendência de manter suas individualidades quando se aproximam (VIANELLO, 1991).

O clima da América do Sul é afetado pelas frentes frias o ano todo. Por satélites são facilmente identificadas e normalmente seguem o caminho de sudoeste para o nordeste sobre o oceano Atlântico adjacente e o continente (KOUSKY, 1979). Quando

ocorre uma menor frequência de passagem dos SF, possivelmente indica sua maior estadia em determinado local, com isso, favorecendo um acréscimo de precipitação.

Tanto os SF quanto as ZCAS, no que se refere à permanência dos processos meteorológicos, são os principais sistemas responsáveis pela distribuição de chuvas na região sudeste do Brasil. Os mesmos se diferenciam quanto a um fator importante que é a duração. Para o SF sua influência é transitória, e quando atinge a região permanece por um ou dois dias, ao passo que a ZCAS é um processo quase-estacionário que se mantém agindo sobre o sudeste brasileiro por mais de três dias em média. (LIMA et al., 2010).

A ZCAS é o principal fenômeno atmosférico tipicamente do verão, comum em épocas chuvosas, tendo como responsabilidade altos volumes de chuvas em grande parte do território brasileiro. Podendo ser caracterizada por sua estacionaridade, no mínimo, quatro dias, como uma persistente faixa de nebulosidade orientada no sentido noroeste/sudeste (figura 2), no qual se estende desde o sul da Amazônia ao Atlântico Sul Central, alterando assim no regime de chuvas das regiões afetadas (QUADRO, 1994).

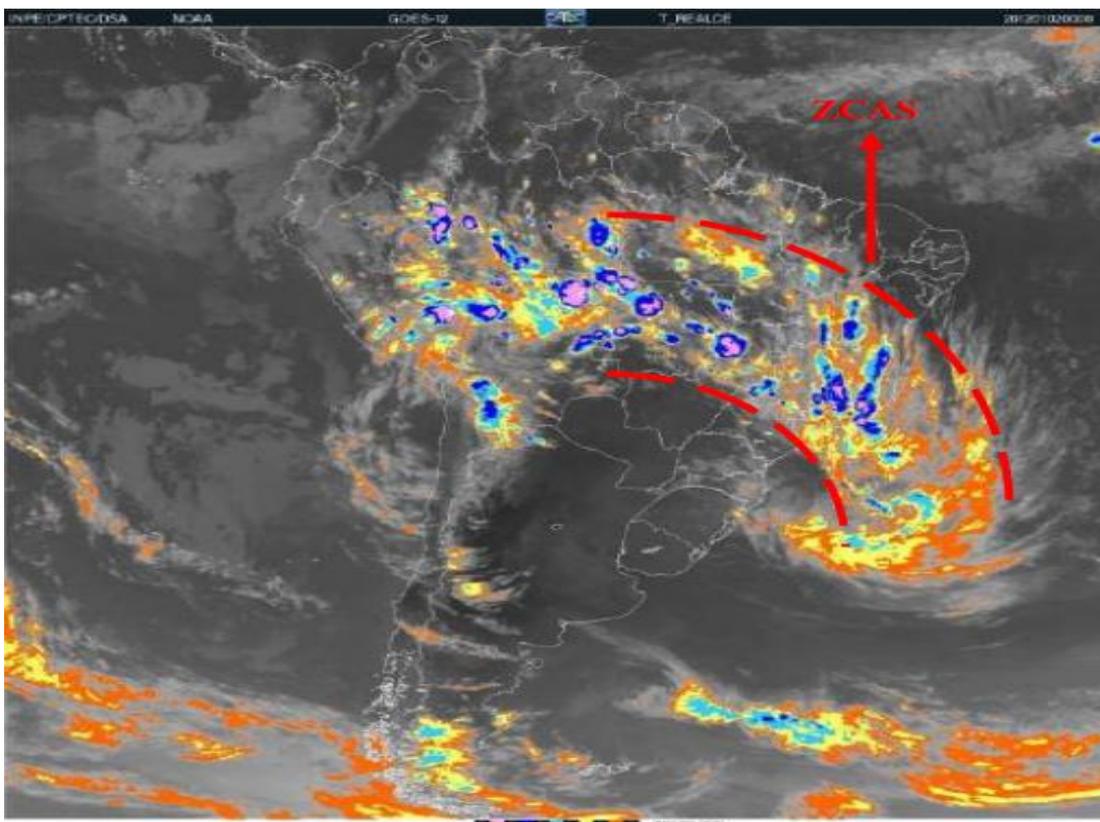


Figura 2: Exemplo ilustrativo de uma Zona de Convergência do Atlântico Sul (SANTOS & FIALHO, 2016).

A estacionaridade se associa devido à relação que se tem entre os sistemas de latitudes médias (frentes) e os de latitudes tropicais (Linhas de Instabilidade Tropical – IT), por isso existem uma interação entre a Frente Polar Atlântica (FPA) e a convecção tropical e principalmente quando se origina da região amazônica, formando-se uma faixa de nebulosidade no sentido noroeste/sudeste. A FPA contribui para que seja neste sentido, porque age como um canalizador da convergência do ar em esferas inferiores da atmosfera que alinha na sua direção as IT, levando a umidade para o sudeste brasileiro (ABREU,1998).

A Frente Polar Atlântica (FPA) determina a estacionaridade da ZCAS , porque as IT's ((Linhas de Instabilidade Tropical) se deslocam, dissipam e se formam de forma rápida. A resultante dessa associação pode apresentar uma rapidez do deslocamento da convecção quando a IT predomina, ou na estacionaridade quando o predomínio for das características da FPA (SANTOS & FIALHO, 2016).

No primeiro caso, por conseguinte, as chuvas são intensas e curtas por ter origem de nuvens cumulusnimbus. Enquanto que na segunda ocasião, a precipitação é de moderada à forte, por várias horas, em conjunto à presença de nuvens estratiformes, abaixando de forma acentuada a temperatura durante o período de verão, impedindo a entrada de sol na superfície, de forma a gerar vultosas chuvas (ABREU, 1998).

As Altas Subtropicais representam um sistema de alta pressão localizada aproximadamente 30 graus de latitude nos principais oceanos do planeta Terra. No Atlântico Sul, a Alta Subtropical (ASAS) tem uma grande importância para o fator clima da América do Sul a qual afeta tanto no inverno como no verão (KODAMA, 1993; QUADRO, 1994).

Entretanto, apesar dessas características, o sistema é incapaz de gerar precipitação significativa de chuva já que a umidade e nebulosidade a ele associada se restringe a uma estreita faixa da atmosfera próxima a superfície marítima (MOREIRA, 2002).

A mesma impede a entrada de frentes no inverno, ocasionando inversão térmica, conseqüentemente concentração de poluentes nas principais metrópoles das regiões sudeste e sul. Na época do verão o movimento das massas de ar úmidas em atmosferas mais baixas ao longo da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) é comprometido pelo movimento que se junta com a ASAS (KODAMA, 1993; QUADRO, 1994).

No inverno, o relativo resfriamento continental reduz as condições de instabilidade e chuva. O ASAS se estabelece de forma persistente sobre o interior da América do Sul, provocando forte subsidência atmosférica e diminuindo a umidade.

Devido sua subsidência característica, a atuação do ASAS no continente é responsável por dias de céu limpo, ausência de chuvas e agravamento da poluição atmosférica (VIANELLO & MAIA, 1986).

Desvios de precipitação foram associados à posição de anticiclones subtropicais: “quando um anticiclone persiste numa região por vários dias [...] impedindo a progressão normal de sistemas frontais, diz-se que ele atua como um sistema de bloqueio [...] provocando diminuição da precipitação e temperaturas acima da média” (ITO & AMBRIZZI 2000).

## 2.4 Análise de cluster

A técnica estatística, análise de cluster, bastante utilizada em Climatologia, na identificação de regiões homogêneas, a partir da variável precipitação, possibilitou na identificação de setores com variabilidades distintas para esse estudo.

Congregar dados com similaridades e no objetivo de classificá-los é um dos atributos iniciais e básicos da humanidade. No cotidiano são empregados agrupamentos em diversas questões da vida (QUINTAL, 2006). A conveniência da classificação desses elementos em formas de grupos por seus atributos estão vigentes em diversos setores do conhecimento, tais quais nas ciências sociais, biológicas, da terra, medicina, informática, entre outras (DONI, 2004).

Foram desenvolvidas muitas técnicas, as quais habilitadas de auxiliar na formação dos agrupamentos, considerando-se a dificuldade de se pesquisar todas as combinações de grupos possíveis dentro de uma enorme quantidade de dados (DONI, 2004). É considerado, portanto, um talento necessário arrumar indivíduos e objetos em forma de grupos, sendo primordial às diversas áreas da ciência como, por exemplo, a biologia devido à sua imensa diversidade de organismos encontrados na natureza.

Necessita-se de uma maneira para a arrumação destes indivíduos, surgindo assim uma abordagem conhecida como análise de cluster (QUINTAL, 2006).

Os efeitos que são produzidos na análise de cluster podem cooperar para a definição de uma classificação ou mesmo propor modelos estatísticos que descrevem uma população. A análise de cluster tem como objetivo associar ou agrupar esses

elementos de dados fundamentando-se na confluência entre os mesmos. Após a obtenção de homogeneidade dentro dos grupos e de heterogeneidade entre os mesmos, determinam-se assim os grupos (QUINTAL, 2006).

A análise de cluster é um mecanismo de Estatística Multivariada a qual possibilita agrupar conjuntos de dados, que podem ser variáveis ou objetos, em subgrupos similares, designados de clusters (QUINTAL, 2006).

O agrupamento é um procedimento matemático o qual foi elaborado com objetivo de apresentar estruturas de classificação nos dados recolhidos em situações do mundo real, como a precipitação coletada em um conjunto de estações, fazendo com que o agrupamento desses dados tenha significado, uma explicação previamente dita (QUINTAL, 2006).

Essa análise de exploração procede com agrupamento dos dados, em um mesmo cluster, que sejam os mais similares possíveis. Assim, dados que pertencem a diferentes clusters, são menos similares possíveis (QUINTAL, 2006).

Os elementos de cada grupo possuem atributos característicos em comum e aguardam que o efeito da classificação ofereça informações para a interpretação dos grupos. Podendo ser revelados dados que se associem, não sendo claros na primeira instância, não obstante são primordiais e utilitários uma vez que são encontrados. O conceito essencial é que os clusters tenham significados e sejam interpretáveis para que possam produzir hipóteses (QUINTAL, 2006).

A classificação em grupos construída depende da medida de semelhança/dissemelhança e também da metodologia que será usada para a criação dos clusters. A peculiaridade de cada contexto prático permite que para além dos fatores disponíveis na formação dos clusters, disponha a consideração de conceitos importantes da análise, tais quais sejam a seleção de variáveis, a definição da medida de proximidade, a meta do trabalho e o contextual (QUINTAL, 2006).

Para se analisar cluster de forma sensata requer-se métodos os quais mostram as seguintes características (ZAIANE, 2003; DONI, 2004).

- Ter habilidade com dados que tenham uma alta dimensão;
- Ser “escalável” com a quantia de elementos a serem agrupados além do número de dimensões;
- Ser capaz de resolver com diversos tipos de dados;
- Eficácia de esclarecer agrupamentos de tamanhos e formas diferentes;

- Mostrar um efeito consistente não importando a ordem nos quais os dados estão apresentados.

No contexto como um todo nenhum algoritmo contempla todos os requisitos e, portanto, é importantíssimo compreender as peculiaridades de cada algoritmo para a seleção de um método que seja apropriado a cada tipo de situação ou dado (HALDIKI, 2001; DONI, 2004).

#### 2.4.1A importância da análise de clusters na classificação

A classificação é uma forma de juntar ou agrupar dados existentes ou que seja ideal para aqueles que são semelhantes, e caso contrário a separação dos que não são semelhantes ou dissemelhantes; tendo como objetivo da classificação: (1) adquirir e estabelecer conhecimento, (2) a análise da situação encontrada e por fim (3) uma relação entre os diferentes aspectos do fenômeno trabalhado (MIRKIN 1996; QUINTAL, 2006).

Na classificação se atribui um nome ao grupo e esse nome aglomera indivíduos/casos em grupos com um ou vários atributos em comuns, os quais são fundamentais na descrição desse grupo. Por isso que essa análise de Cluster pode ser entendida na identificação de uma estrutura presente nos dados e também para impor uma estrutura num conjunto destes mais ou menos homogêneos os quais têm de ser separados (QUINTAL, 2006).

#### 2.4.2Etapas da análise de clusters

A análise de Clusters compreende-se de procedimentos como: seleção de objetos; seleção de variáveis e transformação de variáveis; seleção da medida de semelhança/dissemelhança; escolha do método de formação de clusters a aplicar; e discussão e apresentação dos resultados (QUINTAL, 2006). Contudo a ênfase a ser estudada será com a seleção da medida de semelhança/dissemelhança.

#### 2.4.3Propriedades das medidas de semelhança e de dissemelhança

No procedimento de construção de clusters pode ser usado tanto o processo de semelhanças quanto o de dissemelhanças, porém na maioria do software disponível se

usa dissemelhanças. É percebido um maior domínio em modelos geométricos no que diz respeito à análise teórica dessas relações de semelhança/dissemelhança (QUINTAL, 2006).

Nestes tipos de modelos, os objetos estudados, representam pontos no espaço, que de tal maneira, as dissemelhanças analisadas entre esses objetos representam as distâncias métricas entre os respectivos pontos (QUINTAL, 2006). O grau de proximidade entre os objetos é medido pela semelhança, e que dois objetos semelhantes pertencem ao mesmo cluster, enquanto que a dissemelhança indica o grau de diferença ou afastamento entre dois objetos, conseqüentemente esses objetos pertencem a clusters diferentes (QUINTAL, 2006).

Geometricamente a distância é mais perceptível e muitas das medidas de dissemelhança são inspiradas em modelos geométricos, com isso, a dissemelhança pode ser visualizada como a distância entre pontos no espaço (QUINTAL, 2006).

#### 2.4.4 Distância Euclideana

É a medida de proximidade mais usada para este tipo de variáveis. A distância Euclidiana é definida como sendo a distância entre dois objetos  $i$  e  $j$ , definida pela equação 1.

$$d = \sum_{k=1}^p (x_{ik} - x_{jk})^2 \quad (1)$$

em que,

$x_{ik}$  - é  $k$ -ésimo característica do  $i$ -ésimo indivíduo;

$x_{jk}$  - é o  $k$ -ésima característica do  $j$ -ésimo indivíduo.

Em uma matriz qualquer de dados  $X$ , onde  $x_{ik}$  e  $x_{jk}$  relacionam-se aos valores observados da  $k$ -ésima variável nos dois objetos  $i$  e  $j$ , respectivamente;  $p$  representa o número de variáveis que são analisadas na Figura 3 a seguir, (QUINTAL, 2006).

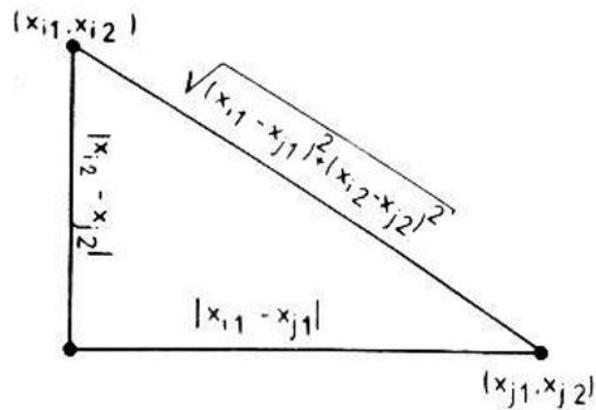


Figura 3. Ilustração da distância Euclidiana (QUINTAL, 2006).

Se as variáveis estiverem em unidades diferentes ou quando têm variações muito diferentes, a distância não poderá ser de utilidade, pois as variáveis interferem com muitas divergências na determinação dos valores da dissimilaridade, e também essa dissimilaridade é muito sensível quando ocorrem mudanças de escala. Quando se muda de escala os valores da distância são modificados e o da ordem também se modifica ocasionando em uma mudança nos resultados da análise de clusters (QUINTAL, 2006).

#### 2.4.5 Métodos hierárquicos

Para o método hierárquico de cluster expressa-se em uma série de seguidos agrupamentos ou divisões de elementos de forma consecutiva, no qual os elementos ficam juntos ou separados. Então este método tem como diferença na regra pelas quais dois pequenos grupos são unidos ou na forma como um grande é dividido. Nos hierárquicos se formam grupos que seguem uma hierarquia, pois os grupos formados ou são diferentes ou um está contido no outro (QUINTAL, 2006).

Tipos de métodos como esses não são solicitados uma ideia ou conhecimento anterior do número de clusters, entretanto, toda vez que um objeto é concedido a um cluster, o mesmo não poderá sair do cluster (QUINTAL, 2006).

Tanto a divisão quanto a fusão nesses tipos de métodos são irreversíveis, pois os algoritmos aglomerativos, quando unidos dois objetos, não podem ser separados; e os divisivos que separam dois objetos não poderão uní-los, pois possuem essa imperfeição de não poderem consertar o que foi feito anteriormente (KAUFMAN E ROUSSEUW,

1990; QUINTAL, 2006). Tem-se uma diversidade de métodos aglomerativos, os quais seus valores atribuídos estão de acordo com o preceito utilizado para definir a distância entre grupos. No entanto, em sua grande maioria aparentam ser elaborações alternativas de três conceitos de agrupamento aglomerativos (ANDERBERG, 1973; DONI, 2004).

- 1) Métodos de ligação (*single linkage, complete linkage, averagelinkage, medianlinkage*);
- 2) Métodos de centróide;
- 3) Métodos de soma de erros quadráticos ou variância (método de *Ward*).

No caso dos aglomerativos se inicia com (n) grupos contendo um objeto em cada, então esses grupos são agrupados de forma sucessiva até que forme um grupo maior que inclua todos esses objetos, procedendo assim uma fusão sucessiva de grupos.

Nos divisivos o caminho é inverso, ou seja, de um grupo que contém todos os objetos que estão sendo avaliados, e por um processo de divisão sucessiva vai se obtendo (n) grupos contendo um elemento apenas por grupo observado na Figura 4 (QUINTAL, 2006).

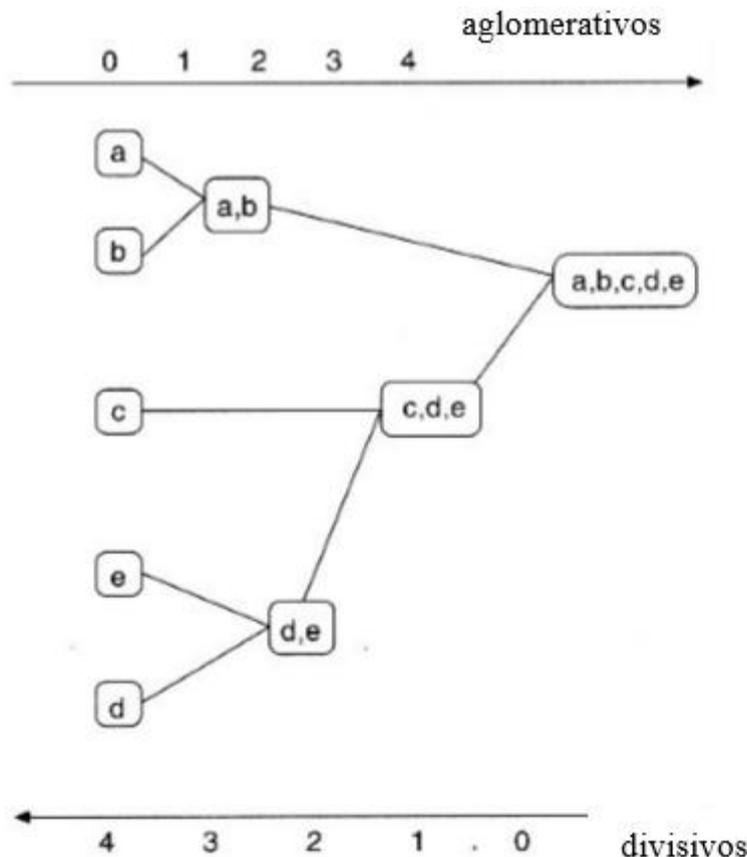


Figura 4. Exemplificação de uma estrutura de uma árvore hierárquica.

Fonte: (KAUFMAN e ROUSSEUW, 1990; QUINTAL, 2006).

Assim, Dois objetos estão próximos quando a sua dissemelhança ou distância é pequena ou a sua semelhança é grande. Os métodos hierárquicos aglomerativos são os mais usados da análise de clusters e geralmente as amostras usadas são inferiores a 250 (QUINTAL, 2006).

Nos métodos hierárquicos os grupos são normalmente mostrados em um formato de diagrama bi-dimensional denominado de dendograma ou diagrama de árvore, no qual apresenta como os grupos estão formados (DONI, 2004). Uma meta que se deseja, pode-se alcançar um aglomerado de itens de dados classificados em grupos separados.

No diagrama, os elementos são representados por ramos, já a raiz retrata a junção de todos os elementos como mostra a Figura 5 (DONI, 2004).

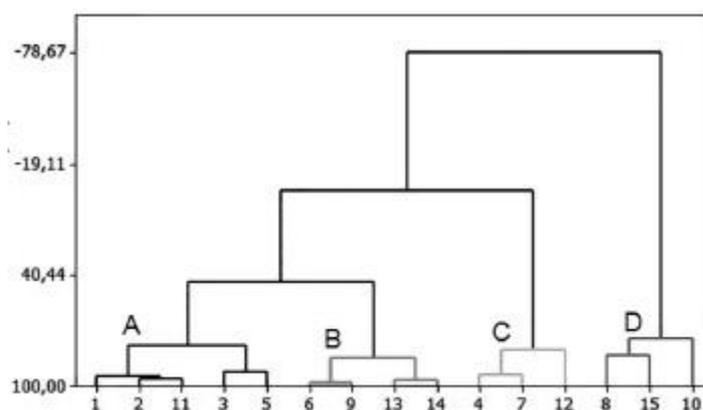


Figura 5. Exemplo de dendograma.

Fonte: (DONI, 2004).

Através do dendograma e do conhecimento prévio sobre a composição dos dados, é importante que se determine uma linha (distância) de corte com objetivo de apresentar quais grupos foram formados. No entanto, essa é uma decisão subjetiva e precisa estar relacionada com o seu objetivo da análise, e também deve estar de acordo com a quantidade de grupos almejados (DONI, 2004).

A seguir na Figura 6 é mostrado um exemplo de diagrama de árvores com linhas de corte para que se possa fazer um melhor entendimento dos grupos formados.

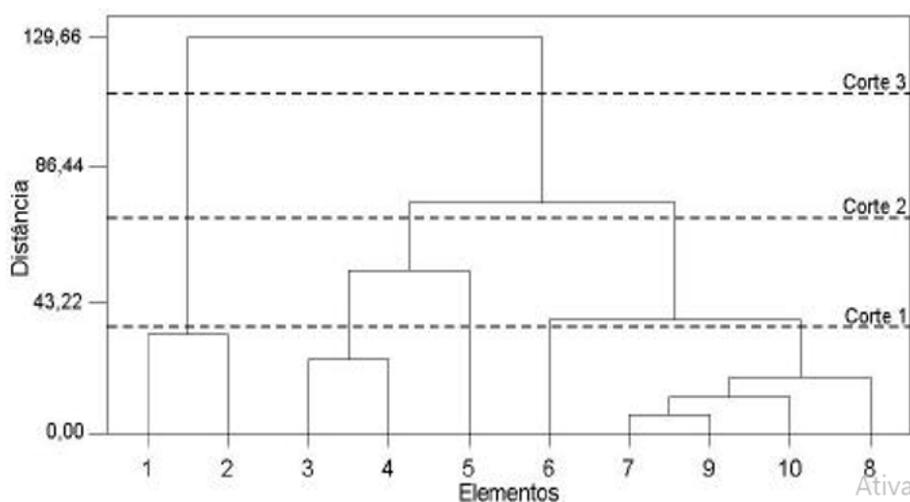


Figura 6. Dendrograma cortado por linhas para obtenção de grupos.

Fonte: (DONI, 2004).

O dendrograma é uma representação de forma matemática pictural de um processo de formações de clusters, o mesmo traz consigo uma árvore, e também um valor da medida de proximidade em cada etapa do processo de hierarquia, como mostra a sua forma básica (Figura 7) junto a sua terminologia (QUINTAL, 2006).

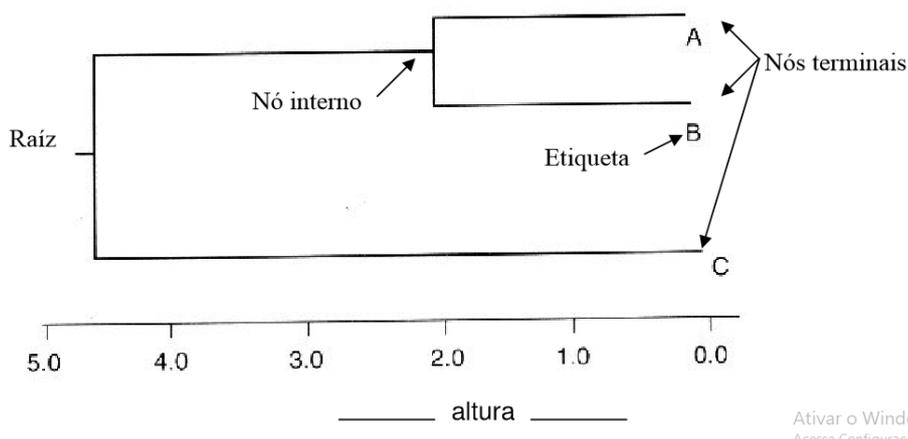


Figura 7. Uma terminologia associada e sua forma estrutural (QUINTAL, 2006).

Os clusters são representados pelos nós e a altura dos troncos mostra a distância a que os clusters se ligam, os nós internos indicam somente clusters e no caso das pequenas alturas significam que a aglutinação é feita entre clusters razoavelmente homogêneos. Para os nós terminais são dados nomes ou etiquetas, enquanto aos nós que formam os clusters, ou seja, os nós internos não são normalmente nomeados ou etiquetados (QUINTAL, 2006).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Área de estudo

A pesquisa foi realizada na cidade do Rio de Janeiro, especificamente na região do Maciço da Tijuca e de seu entorno. Localizado na Região Sudeste do Brasil, o município do Rio de Janeiro que considerado como a segunda maior metrópole nacional constando de 6.498.837 habitantes (IBGE, 2016), e de uma área equivalente a 1.200km<sup>2</sup>, Foi a capital do Brasil dentre o período de 1763 até a década de 1960, sendo atualmente um centro importante para economia, indústria e o setor mais forte que é o turismo.

O município se encontra dividido em 32 regiões de administração e totalizando 159 bairros, sendo banhado ao sul pelo Oceano Atlântico, Baía de Guanabara a leste, ao norte limitado por diversos municípios, e a oeste pela Baía de Sepetiba. São mais prolongados, seus limites marítimos, que as divisas terrestres. A distribuição das estações utilizadas no estudo pode ser observada na Figura 8.

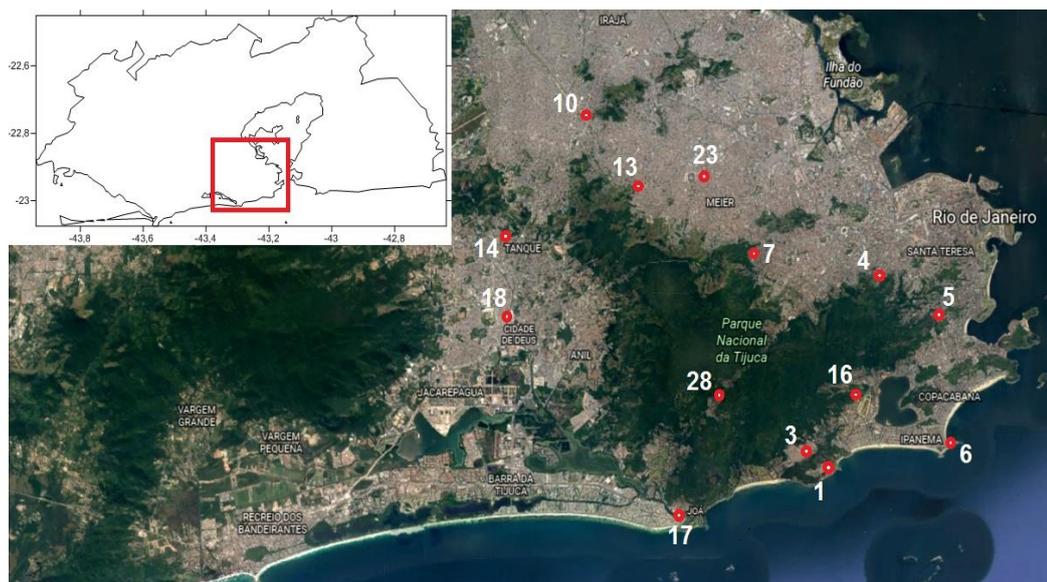


Figura 8. Distribuição das estações utilizadas no estudo.

A cidade do Rio de Janeiro é considerada a segunda maior mancha urbana do Brasil, um dos maiores centros econômicos e culturais da América Latina. Nessa área urbana se destaca a grande mancha verde considerada a maior floresta urbana do

mundo, floresta da Tijuca. A floresta ainda mantém seus remanescentes originais de grande relevância, apesar de ter sido replantada no século dezenove.

A floresta da Tijuca localiza-se no maciço da Tijuca, um complexo geomorfológico no qual estão alocadas as Serras de Três Rios, Pedra da Gávea, Serra da Carioca, e o Parque Nacional da Tijuca. O Maciço da Tijuca apresenta acentuada variedade topográfica, apresentando cobertura florestal em grande parte de sua extensão territorial. A floresta recobre as encostas e diversas espécies remanescentes de mata Atlântica os quais são guardadas no Parque nacional da Tijuca.

Sua topografia filia-se ao conjunto da serra do Mar, sendo recoberto pela Floresta da Mata Atlântica. Atribuída a muitas características diferentes que são marcantes tais quais, praias, florestas, montanhas, paredões de rocha de forma a subir repentinamente de baixadas extensas, efetuando uma paisagem de beleza incontestável e rara que tornou mundialmente conhecida como a Cidade Maravilhosa.

O Rio de Janeiro contém um sistema de serras menores, grupos de montanhas de grande relevância e morros que se isolam em meio a planícies circundadas por esses importantes maciços recebendo anualmente mais de 1,4 milhões de turistas estrangeiros e cerca de três milhões de visitantes por ano no turismo interno.

O clima da cidade é classificado como tropical quente úmido, com diferenças locais, por causa das altitudes diversas, da vizinhança ao oceano; representada pela sua temperatura média anual em torno de 22° C, com médias diárias elevadas no verão (de 30° a 32°); as precipitações variam de 1200 mm a 1800 mm anuais.

O relevo acidentado e diversificado da cidade, com mais dois maciços, Gericinó-Mendanha ao norte e da Pedra Branca a oeste, contribui para a grande variabilidade da precipitação. Neste estudo, elabora-se uma análise climatológica da distribuição da precipitação na região do Maciço da Tijuca e de seu entorno, localizado na cidade do Rio de Janeiro, utilizando dados do Sistema Alerta Rio compreendidos entre 1997 a 2016.

### 3.2 Dados utilizados

Foram utilizados dados de precipitação observados pela rede pluviométrica do Sistema Alerta Rio no Município do Rio de Janeiro de 1997 até dezembro de 2016. A rede pluviométrica do Sistema Alerta Rio é constituída por um conjunto de estações remotas automáticas os quais efetuam as medições de chuvas, que foram coletados em intervalos de 15 minutos em cada estação de coleta.

A atual rede é composta por 33 estações pluviométricas e nesta referente pesquisa utilizou-se 14 postos pluviométricos dentre o período já mencionado, totalizando 20 anos de dados observados (Tabela 1).

A estação Alta da Boa Vista é a única dentre todas analisadas que foi instalada em meados de abril do ano de 2010, tendo assim, menos dados computados pelo Sistema Alerta Rio, diferentemente das demais que apresentam desde 1997. Algumas estações não obtiveram dados registrados pelo sistema, porém não influenciou nos dados. Como, por exemplo, a estação Vidigal em dezembro/2005, Santa Tereza em agosto/setembro/2001 e Méier dezembro/2003.

As estações selecionadas para o estudo localizam-se sobre o Maciço da Tijuca e no seu entorno, abrangendo a região de barlavento, próximo ao mar, em regiões montanhosas, região a sotavento e também regiões mais continentais de planície.

Tabela 1. Informações geográficas das estações utilizadas no estudo.

Nº	Estações	Latitude	Longitude	Altitude (m)
1	Vidigal	-22,99250°	-43,23306°	85
3	Rocinha	-22,98583°	-43,24500°	160
4	Tijuca	-22,93194°	-43,22167°	340
5	Sta Tereza	-22,93167°	-43,19639°	170
6	Copacabana	-22,98639°	-43,18944°	90
7	Grajau	-22,92222°	-43,26750°	80
10	Madureira	-22,87333°	-43,33889°	45
13	Piedade	-22,89182°	-43,31005°	50
14	Jacarepagua/Tanque	-22,91250°	-43,36472°	73
16	Jard. Botânico	-22,97278°	-43,22389°	0
17	Barra/Barrinha	-23,00849°	-43,29965°	7
18	Jacarepagua/Cidade de Deus	-22,94556°	-43,36278°	15
23	Grande Meier	-22,89056°	-43,27806°	25
28	Alto da Boa Vista	-22,96583°	-43,27833°	355

### 3.2.1 Análise de cluster

Para identificar regiões que apresentam homogeneidade na distribuição das chuvas, foram utilizados dados médios mensais para as estações dentro do período já mencionado. Os dados mensais foram submetidos a uma ferramenta de exploração e descrição de dados, denominada análise de cluster.

A análise de cluster é uma técnica da Estatística Descritiva com a finalidade de identificar grupos e/ou subgrupos homogêneos ou clusters na distribuição da variável em estudo, ou seja, a precipitação em relação à influência do Maciço da Tijuca e sua cobertura vegetal.

Para a classificação em um cluster, os dados foram alocados numa matriz multivariada  $n \times p$ ,  $X = [X_{ij}]$ ,  $i = 1, \dots, n$ ;  $j = 1, \dots, p$ , no qual são contidos os valores de cada variável que fora observada em cada objeto e que  $X_{ij}$  o valor da variável  $j$  para o objeto  $i$ . Essas variáveis ocorrem de forma categorizada ou mesmo contínuas (QUINTAL, 2006).

Aos valores que são formados por esta matriz multivariada aplicam-se medidas de proximidade (semelhança/dissemelhança), substituindo a matriz inicial  $X$  em uma matriz  $n \times n$  de semelhanças/dissemelhanças entre objetos, porém na maioria do software disponível se usa dissemelhanças, podendo de forma igual atuar para as variáveis (QUINTAL, 2006).

A essa matriz  $n \times n$  de semelhanças/dissemelhanças entre objetos ou entre variáveis são utilizados dois tipos de métodos, hierárquicos ou não hierárquicos para a formação de clusters, porém essa seleção dos métodos a serem utilizados vão de acordo com os objetivos a serem estudados. É recomendado que se utilizem diversos métodos a fim de comparar os resultados obtidos para a verificação da consistência, no intuito de fazer uma escolha de compreensão mais fácil (QUINTAL, 2006).

Neste estudo foi realizado pelo método hierárquico que é dividido em métodos aglomerativos ou chamados de ascendentes e também tem os métodos divisivos ou assim chamados de descendentes. Ambos os métodos buscam o melhor conjunto de clusters, trabalhando em cada processo na subdivisão dos dados fundamentada na matriz de proximidades (QUINTAL, 2006).

Os métodos aglomerativos são bastantes diversificados e são os mais usados da análise de clusters, para a tal finalidade dessa pesquisa, realizou-se através deste método. No entanto, em sua grande maioria aparentam ser elaborações alternativas de

três conceitos de agrupamento aglomerativos e um desses conceitos é denominado de método de ward.

A análise de cluster foi realizada pelo método de Ward, o qual leva em consideração a distância euclidiana para o agrupamento (Equação 2). O método de Ward consiste em um procedimento de agrupamento hierárquico, no qual, a semelhança é usada para definir os agrupamentos.

$$d_{ij} = \left( \sum_{k=1}^p (x_{ik} - x_{jk})^2 \right)^{\frac{1}{2}} = \sqrt{(x_{i1} - x_{j1})^2 + (x_{i2} - x_{j2})^2 + \dots + (x_{ip} - x_{jp})^2} \quad (2)$$

em que,

$x_{ik}$  - é  $k$ -ésima característica do  $i$ -ésimo indivíduo;

$x_{jk}$  - é o  $k$ -ésima característica do  $j$ -ésimo indivíduo.

O método de Ward tende a resultar em agrupamentos de tamanhos aproximadamente iguais devido a sua minimização de variação interna. Em cada estágio, combinam-se os dois agrupamentos que apresentarem menor aumento na soma global de quadrados dentro dos agrupamentos (HAIR et al., 2005).

Esse método utiliza como atributo para agrupar os objetos por medida de semelhança a dissimilaridade. A dissimilaridade foi calculada para todos os pares de estações, permitindo uma comparação entre as mesmas, pela medida de dissimilaridade apresentadas entre elas, agrupando-as em função da menor distância Euclidiana em grupos iguais.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Regiões homogêneas de precipitação

A análise de cluster identificou 4 grupos homogêneos quanto a distribuição anual das chuvas para as estações localizadas no maciço da Tijuca e no seu entorno. O dendograma (Figura 9) apresenta os grupos que foram formados, onde cada grupo aglutina as estações pluviométricas que tem maior similaridade no comportamento da distribuição de chuvas.

A representação gráfica do dendograma se mostra como uma árvore de forma invertida, onde sua raiz está para cima e os ramos para baixo, indicados pelas estações que compõe cada grupo. A altura dos troncos mostra a dissimilaridade que os clusters se ligam, ou seja, pequenas alturas ou próximo de zero, indicam que os grupos e/ou subgrupos formados se comportam com maior semelhança no comportamento da distribuição de chuvas.

O grupo 1 (azul claro) é constituído das estações de Vidigal, Rocinha, Jardim Botânico e Barra/Itanhangá. Grupo 2 (azul escuro) foi formado por apenas uma estação, Alto da Boa Vista. No grupo 3 (rosa) representado por Tijuca, Santa Tereza, Copacabana e Grajaú. Já o grupo 4 (verde) se encontram as estações de Piedade, Grande Méier, Madureira, Jacarepaguá/Cidade de Deus e Jacarepaguá/Tanque.

Matriz de proximidade da distância Euclidiana entre as estações de cada grupo pode ser observada na Tabela-2. Os resultados encontrados mostram que estações com menor distância Euclidiana apresentam maior semelhança, sendo a dissemelhança o grau de afastamento entre as estações.

O grupo 1 (azul claro), da direita para a esquerda no dendograma, constituído das estações de Vidigal, Rocinha, Jardim Botânico e Barra/Itanhangá, mostrou menor dissimilaridade para as estações Vidigal e Jardim Botânico, com distância Euclidiana de 0,655, sendo essa a menor altura do tronco do grupo 1. Esse resultado mostra que a distribuição anual das chuvas se comportou com maior semelhança nessas estações (Figura 9).

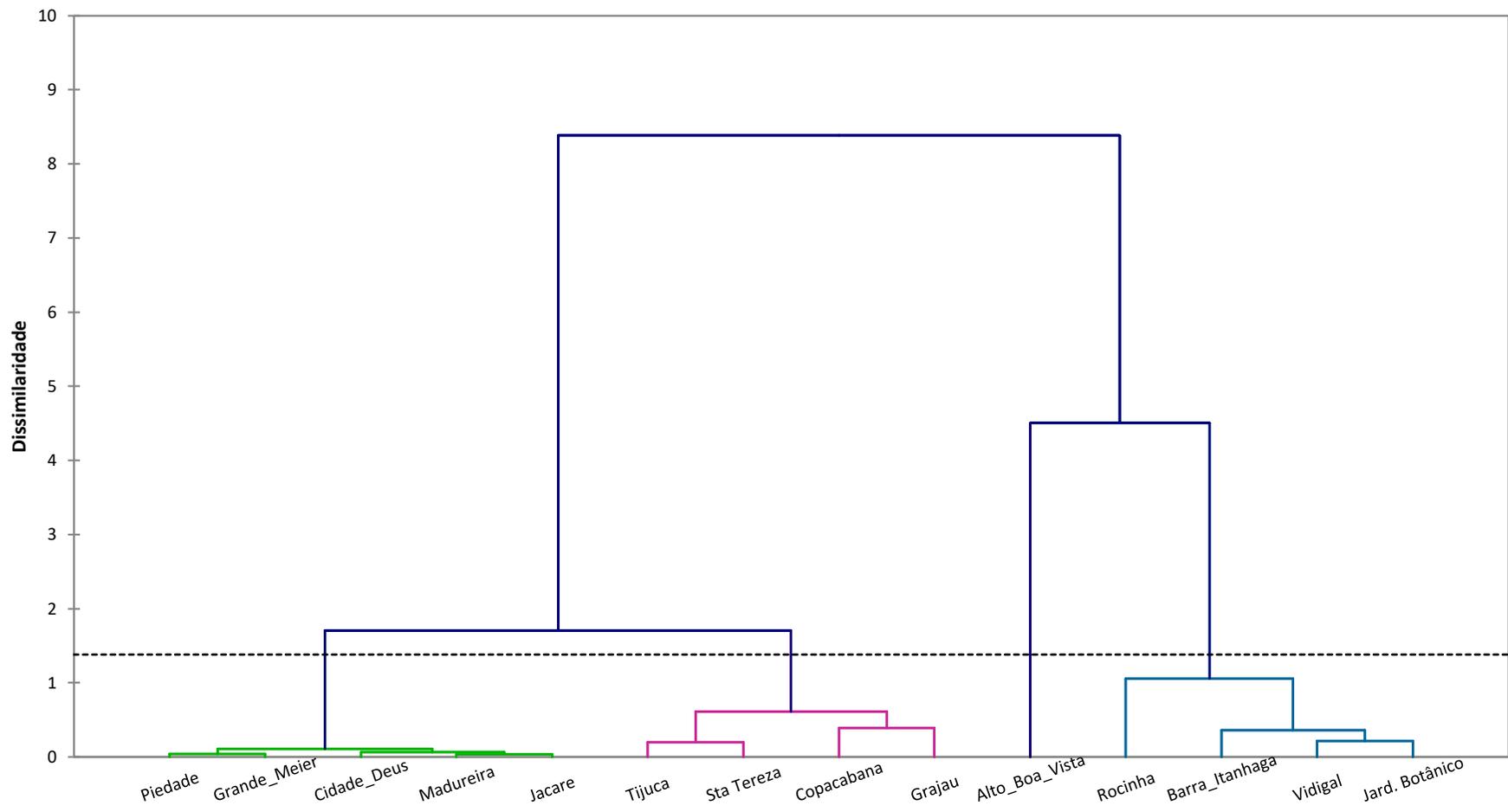


Figura 9. Dendrograma com a divisão dos grupos homogêneos.

Tabela 2. Matriz de proximidade da distância Euclidiana entre as estações.

	Vidigal	Rocinha	Tijuca	Sta Tereza	Copacabana	Grajaú	Madureira	Piedade	Jacaré	Jard. Botânico	Barra Itanhaga	Cidade De Deus	Alto da Boa Vista	Grande Meier
Vidigal	0,000	1,533	1,036	1,065	0,720	1,282	1,540	1,418	1,435	0,655	0,873	1,269	2,242	1,391
Rocinha		0,000	2,086	1,943	2,051	2,578	2,687	2,616	2,621	1,188	1,022	2,534	2,569	2,580
Tijuca			0,000	0,631	0,745	0,849	1,270	1,209	1,204	1,119	1,458	1,087	3,045	1,148
Sta Tereza				0,000	0,940	1,206	1,257	1,252	1,186	1,100	1,191	1,088	3,079	1,165
Copacabana					0,000	0,884	1,096	1,022	0,995	1,079	1,361	0,844	2,662	1,011
Grajaú						0,000	0,929	0,751	0,883	1,575	1,846	0,742	2,848	0,720
Madureira							0,000	0,347	0,265	1,825	1,905	0,411	2,982	0,480
Piedade								0,000	0,355	1,685	1,817	0,387	2,853	0,289
Jacaré									0,000	1,744	1,838	0,270	2,890	0,366
Jard. Botânico										0,000	0,729	1,624	2,570	1,657
Barra Itanhaga											0,000	1,715	2,432	1,774
Cidade de Deus												0,000	2,776	0,334
Alto da Boa Vista													0,000	2,852
Grande Meier														0,000

A Figura 10 mostra o comportamento da distribuição mensal das chuvas do grupo 1, onde se observa que as estações de Vidigal e Jardim Botânico apresenta a menor amplitude da distribuição mensal das chuvas. Esse resultado ratifica a menor distância euclidiana encontrada entre as estações.

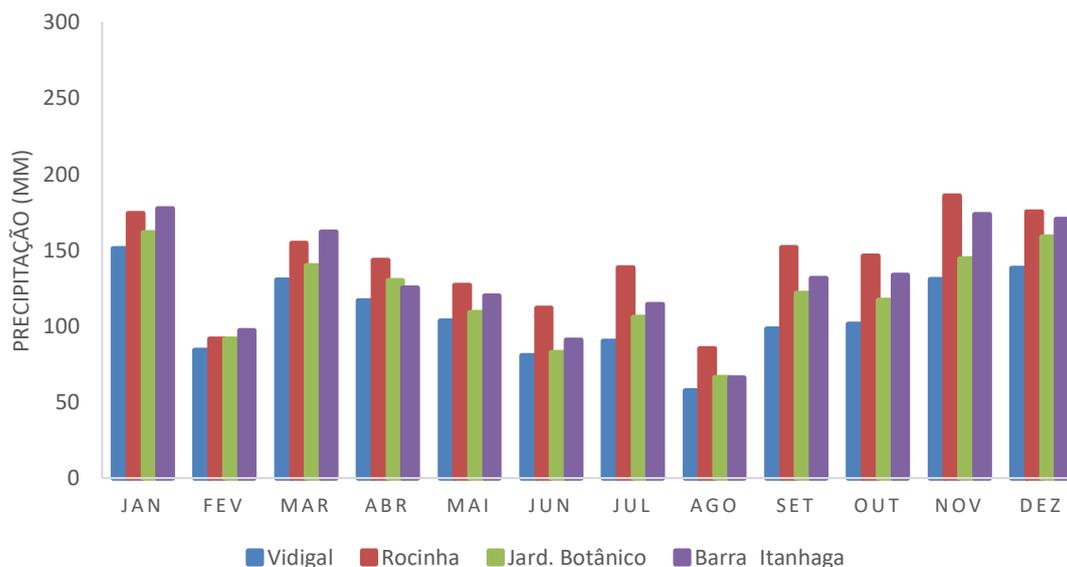


Figura 10. Média mensal da precipitação das estações dos grupos 1.

A maior dissimilaridade apresentado pelo grupo 1 foi vista pela estação da Rocinha. Nesta estação a distância Euclidiana foi de (1,533) para a estação do Vidigal, de 1,188 para Jardim Botânico e de 1,022 para Barra/Itanhangá. A maior dissimilaridade apresentada pela estação da Rocinha se deve ao maior total pluviométrico anual, que pode ser observado nos maiores valores de sua estatística (Tabela 3).

Tabela 3: Estatística das estações que compõem o grupo 1.

	Min	Max	Total	Média	Variância	Dev. Padrão	Mediana	Coef. Variação
Vidigal	57,9	151,0	1284,0	107,0	739,6	27,2	102,5	25,4
Rocinha	85,5	185,8	1686,4	140,5	1016,4	31,9	144,8	22,7
Jard. Botânico	66,4	161,5	1430,5	119,2	878,5	29,6	119,6	24,9
Barra_Itanhaga	66,2	177,3	1562,6	130,2	1258,3	35,5	128,4	27,2

Mim – valor mínimo; Max – valor máximo.

No caso da estação Barra/Itanhangá a proximidade da distância euclidiana se deu menor com o subgrupo formado por Jardim Botânico (0, 729) e Vidigal (0, 873) do que com a estação Rocinha (1,022). Por isso a estação Barra/Itanhangá se conecta diretamente a este subgrupo formado por Jardim Botânico e Vidigal.

Logo é observado que na Figura 10 a estação Barra/Itanhangá alcançou um comportamento de distribuição das chuvas mais homogêneo ao longo do ano com a estação Jardim Botânico. Nota-se que entre os meses de abril a setembro, nestas estações, as chuvas oscilam com menores amplitudes entre a distribuição pluviométrica.

Para a estação Rocinha o valor de proximidade da distância Euclidiana (1,022) se deu menor com a estação Barra/Itanhangá, resultando em uma similaridade ou semelhança no comportamento anual das chuvas.

Uma vez que a barras vermelha (estação Rocinha) e roxa (estação Barra/Itanhangá) se aproximam, ou seja, conferem menores amplitudes de chuvas quando relacionadas às outras estações, entre o período de outubro a março (período de chuvas) como pode ser observado na Figura 10.

O agrupamento das estações do grupo 1 se deve à proximidade das estações ao litoral, fazendo com que as estações estejam posicionadas a barlavento da encosta do Maciço da Tijuca voltadas para o mar. Essa encosta recebe a influência das correntes oceânicas, do efeito de brisa/marítima, além de apresentar cobertura florestal ao seu entorno (Figura 11).

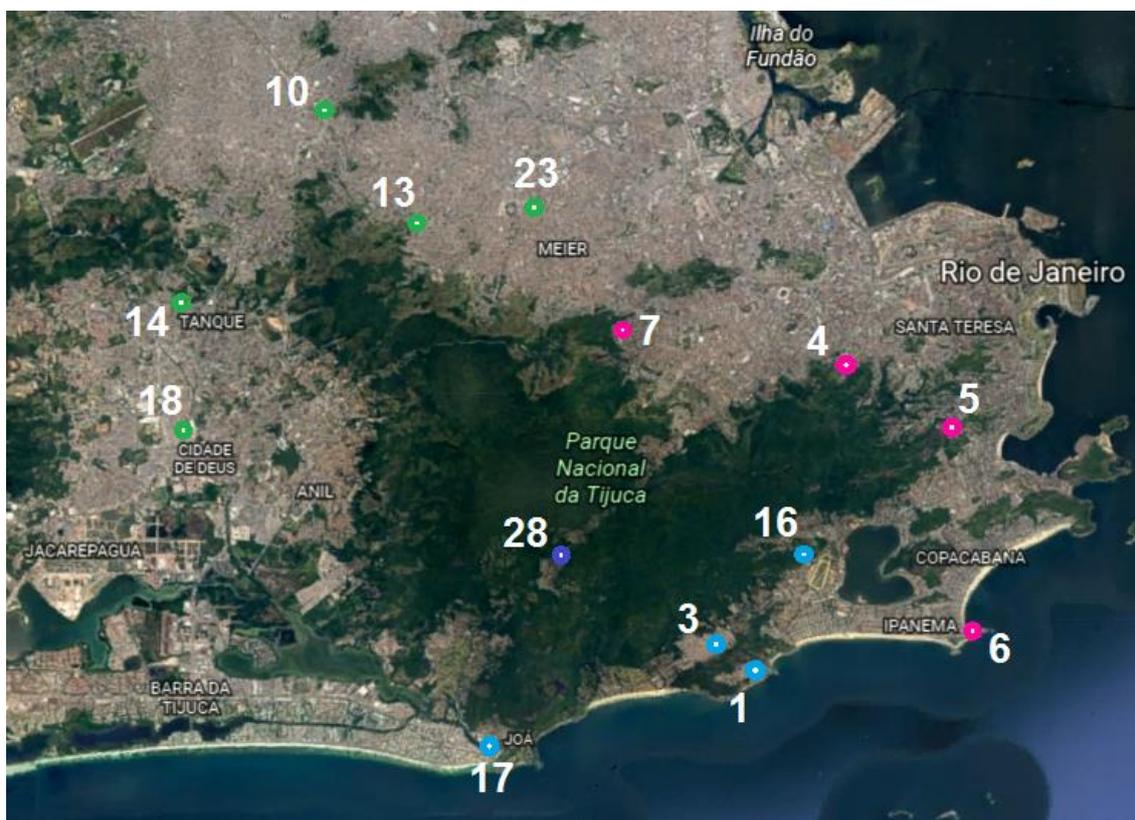


Figura 11: Distribuição dos grupos.

O Grupo 2 (azul escuro no dendograma) foi formado apenas por um cluster indicado para a estação Alto da Boa Vista. É notável que a altura do tronco deste grupo é bastante elevada por apresentar altos índices de chuvas, não confluindo de maneira homogênea com nenhuma outra estação.

Essa estação apresenta os maiores valores de dissimilaridade comparados com todas as outras estações. Valores que vão desde (2,242 com Vidigal) até (3,079 com Santa Tereza) e que se encontra próxima do grupo 1 (Vidigal, Rocinha, Jardim Botânico e Barra/Itanhangá) devido a sua localização e características geográficas em comum.

Isso se deve ao fato de apresentar atributos que se assemelham a essas estações, tais como, proximidade do mar, elevada altitude, posição a barlavento da encosta voltada para o oceano, grande disponibilidade de cobertura florestal e maior altitude entre as estações analisadas, o que favorece o efeito da orografia. Essas características fazem com que nessa estação seja observado o maior total anual (Figura 12).

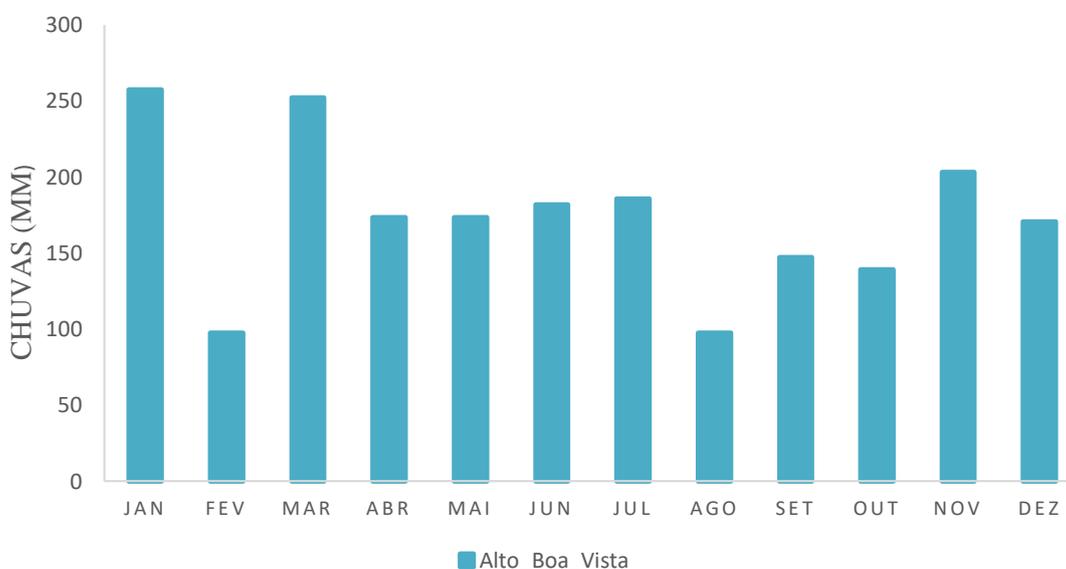


Figura 12. Média mensal de chuvas da estação do grupo 2.

Importante ressaltar que dentre os meses de abril a junho esta foi a única estação dentre todas a se manter com índices elevados de precipitações e ainda obter um leve acréscimo de chuvas (173,5 mm a 181,7mm), enquanto que as demais estações obtiveram um decréscimo neste mesmo período. Assim, os maiores índices pluviométricos foram observados nessa estação (Tabela 4).

Tabela 4. Estatística da estação que compõe o grupo 2.

	Min	Max	Total	Média	Variância	Dev. Padrão	Mediana	Coef. Variação
Alto_Boa_Vista	97,5	257,2	2078,6	173,2	2518,6	50,2	173,5	29,0

Mim – valor mínimo; Max – valor máximo.

Um fator importantíssimo para essa alta distribuição de chuvas nessa estação está relacionado com a sua altitude, que é de 355 m. Esse fator possibilita a formação das chamadas chuvas orográficas em uma escala local, as quais conjugadas com sistemas de macro e mesoescala, como a entrada de sistemas frontais oriundos da região polar, e com os sistemas convectivos de primavera e verão, proporcionam chuvas para a região em análise.

Esta estação é a que melhor representa a importância da presença de uma floresta urbana na cidade do Rio de Janeiro. A floresta da Tijuca apresentasse rica em biodiversidade, presente em uma área densamente povoada como a cidade do Rio de Janeiro, o qual desempenha um papel importante para o microclima da cidade, como observado nesta análise.

No grupo 3 (cor roxa no dendograma) foi representado pelas estações da Tijuca, Santa Tereza, Copacabana e Grajaú. Neste cluster formado por quatro estações foram agrupados dois subgrupos. Um subgrupo composto pelas estações Tijuca e Santa Tereza e outro subgrupo contendo Copacabana e Grajaú.

Pode destacar o subgrupo formado pelas estações da Tijuca e Santa Tereza que indicaram um valor de proximidade da distância Euclidiana de (0,631). Sendo o valor de menor dissimilaridade dentro deste cluster, ou seja, mostrando uma correlação maior de semelhança na distribuição de chuvas.

O comportamento dessas quatro estações na distribuição de chuvas, observada na Figura 13, mostra que para as estações Tijuca e Santa Tereza, a distribuição das chuvas na escala anual, se deu de maneira mais semelhante, principalmente entre os meses de maio e dezembro, do que nas demais estações, compostas por Grajaú e Copacabana.

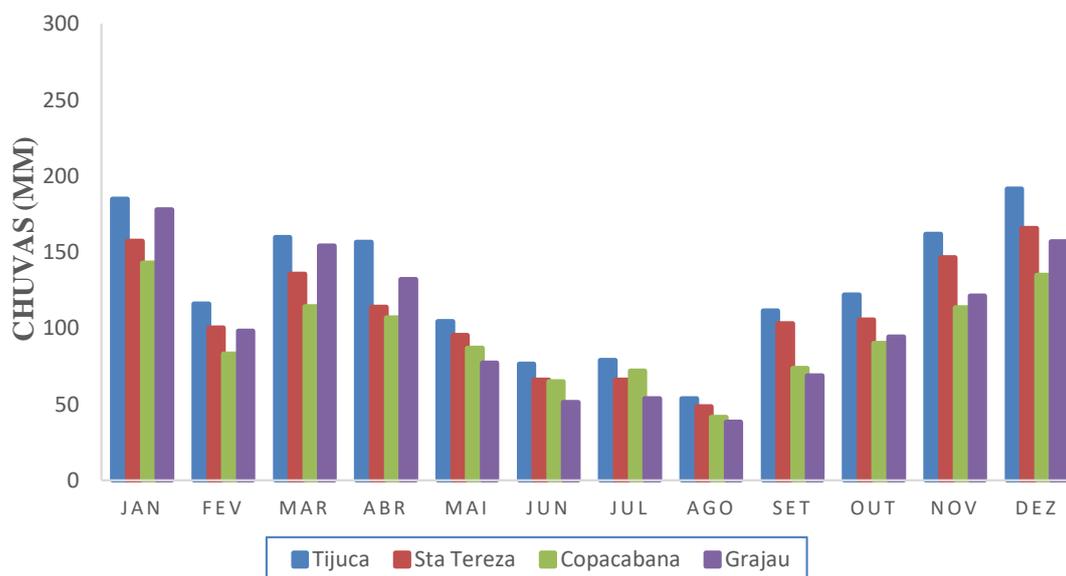


Figura 13. Média mensal das chuvas do grupo 3.

A característica da distribuição das chuvas nas estações da Tijuca e Santa Teresa se deve ao fato das estações estarem localizadas a regiões de boa cobertura Florestal em seu entorno. Associada a essa característica, as estações estão localizadas na proximidade da baía de Guanabara, o que favorece uma influência maior da baía e não apenas do oceano. A estatística das estações que compõem o grupo 3 pode ser observada na Tabela 5.

Tabela 5: Estatística dos estações que compõem o grupo 3

	Min	Max	Total	Média	Variância	Dev. Padrão	Mediana	Coef. Variação
Tijuca	53,7	191,6	1516,8	126,4	1982,2	44,5	119,0	35,2
Sta Tereza	48,4	165,6	1302,4	108,5	1393,9	37,3	104,2	34,4
Copacabana	41,4	143,0	1124,2	93,7	884,2	29,7	88,6	31,7
Grajau	38,4	178,0	1223,4	102,0	2137,9	46,2	96,2	45,4

As estações do outro subgrupo, Copacabana e Grajaú, o valor da distância euclidiana de (0,884). Resultando de uma altura de tronco maior ou obtendo uma menor semelhança na distribuição de chuvas, quando comparado às estações Tijuca e Santa Tereza.

No caso de Copacabana e Grajaú os comportamentos das distribuições de chuvas se assemelham de forma mais acentuada ainda na época seca para a época chuvosa, como pode ser visto, na Figura 13 acima, entre os meados de julho a

novembro. Pode ser visto que na época de chuvas (out/mar), incluindo o mês de abril, houve maiores índices de chuvas para a estação do Grajaú do que para Copacabana.

A estação de Grajaú se localiza com uma boa concentração de cobertura Florestal, possui uma reserva Florestal em equilíbrio com as construções locais. Além da sua posição geográfica se encontrar próxima do Maciço da Tijuca, a estação de Grajaú recebe assim maior influência da Floresta, ao contrário de Copacabana que se tem um aglomerado de prédios e concretos, e com uma densidade demográfica elevada, inviabilizando o efeito da floresta para o microclima e chuvas locais.

A localização da estação de Copacabana não se encontra próxima do Maciço da Tijuca, apesar das proximidades com o mar, apresenta o menor índice de precipitação das estações do grupo no período das chuvas (out/mar), obtendo o menor comportamento de distribuição de chuvas dentre todas as estações analisadas neste estudo.

Contudo no período de maio a setembro, onde as estações registraram menos chuvas, para Copacabana o comportamento das precipitações médias foi maior do que Grajaú. Esse resultado é decorrente do caráter litorâneo dessa estação e de sua influência.

O grupo 4 (cor verde no dendograma), foi agrupado pelas estações de Piedade, Grande Méier, Madureira, Jacarepaguá/Cidade de Deus e Jacarepaguá/Tanque. Para essas estações foi verificado que o subgrupo formado pelas estações de Madureira e Jacarepaguá/Tanque representou a menor altura do tronco com um valor da distância Euclidiana de (0,265). Isso indica a menor dissimilaridade ou a maior semelhança dentre todas as estações compreendidas entre todos os grupos formados.

Todos os subgrupos deste Grupo também obtiveram os menores valores de dissimilaridade, próximos do zero, com valores de distância Euclidiana abaixo de (0,480), o que implica em uma distribuição de chuvas mais homogênea para esses locais. Sendo assim, mais semelhantes do que qualquer outro subgrupo.

A distribuição das chuvas das estações que compõem o grupo 4 pode ser observada na Figura 14. O comportamento das distribuições de chuvas para as estações que compõem o grupo 4 se comportam de maneira muito semelhante e bem próximas uma da outra ao longo de todo ano, sendo a mais análoga de todos os grupos.

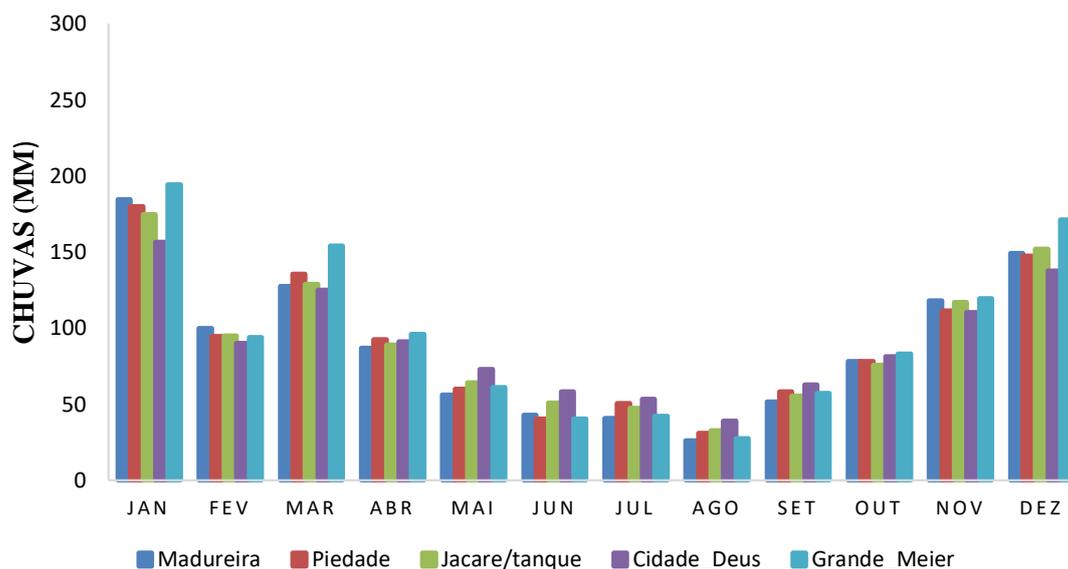


Figura 14. Média mensal das chuvas do grupo 4.

Esse fato é decorrente das estações que compõem o grupo 4 apresentarem características similares em relação às suas posições geográficas perante o maciço da Tijuca. Partes das estações que compõem esse grupo se encontram a sotavento do maciço. Assim recebe menor, ou quase nenhuma influência do relevo.

Deste modo, o efeito orográfico que ocasiona chuvas orográficas para as estações localizadas a barlavento da encosta não existe. Isso faz com que a distribuição das chuvas, nessas estações, seja decorrente de sistemas de macro e mesoescala, fazendo com que a variabilidade anual das estações seja semelhante ao longo do ano (Tabela 6).

Tabela 6: Estatística das estações que compõem o grupo 4

	Min	Max	Total	Média	Variância	Dev. Padrão	Mediana	Coef. Variação
Madureira	25,9	184,3	1061,5	88,5	2380,0	48,8	82,7	55,2
Piedade	30,8	179,8	1079,1	89,9	2135,9	46,2	85,3	51,4
Jacaré	32,8	174,6	1082,8	90,2	1994,2	44,7	82,4	49,5
Cidade_Deus	38,8	156,7	1078,9	89,9	1309,4	36,2	85,8	40,2
Grande_Meier	27,4	194,3	1139,5	95,0	2984,8	54,6	88,4	57,5

Consoante a essas estações o fato da redução de cobertura florestal, o grande adensamento de casas, muitos veículos e fábricas, que impedem a passagem dos ventos, ocasionando baixa umidade e ilhas de calor. Somasse a isso, a localização afastada da

costa litorânea das estações, um atributo relevante para a menor influência da brisa marítima.

#### 4.2 Análise das distribuições das chuvas na área de estudo

A distribuição da precipitação média anual e sazonalmente foram analisadas para as localidades selecionadas neste estudo, tanto para as estações que se encontram a barlavento quanto a sotavento do Maciço da Tijuca. A distribuição das chuvas mostrou sofrer influência direta do relevo, assim como dos sistemas meteorológicos de macro e mesoescala responsáveis pelas distribuições de chuvas na cidade do Rio de Janeiro.

A distribuição das chuvas sobre o município do Rio de Janeiro, especificamente para a área em análise, apresentou total de chuvas médio anual que variam de 1060 mm a 2080 mm (Figura 15).

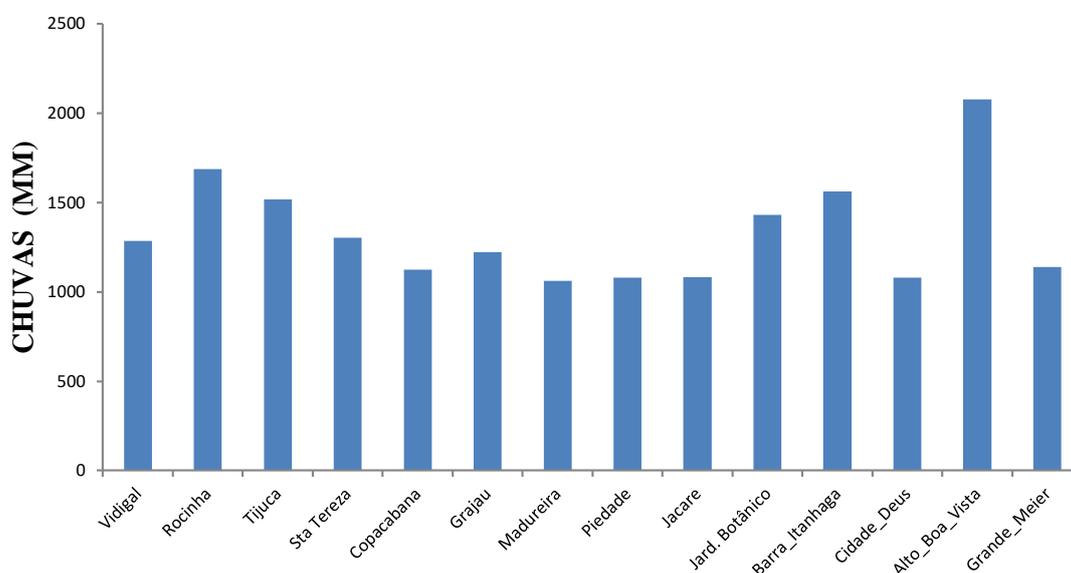


Figura 15. Média anual das chuvas nas estações em análise.

Identificou-se a presença de três máximos de precipitação média anual representada por Alto da Boa Vista (2078,4 mm), Rocinha (1686,3 mm) e Barra/Itanhangá (1562,6 mm). Essas estações têm por característica a sua localização a barlavento da encosta do Maciço da Tijuca, recebendo maior influência das condicionantes de chuvas orográficas existentes nessa região.

Mais dois fatores são condicionantes para a maior pluviometria apresentadas por essas estações. Um associado a sua proximidade com o oceano, onde a distribuição das chuvas nessas estações é influenciada pela umidade oriunda do oceano, a qual é advectada pelo vento em direção ao continente e ocasiona chuva ao longo da costa. O outro fator que se destaca é a altitude das estações, o que contribui para a formação das chuvas orográficas.

As estações que se localizam na zona Sul da cidade apresentam precipitações significativas, devido fazem parte do grupo de estações localizadas a barlavento da encosta, com considerável cobertura florestal em volta, além da proximidade com o mar. Estão representadas por Rocinha 1686,3 (mm), Jardim Botânico 1430,4 (mm), Santa Tereza 1302,4 (mm), Vidigal 1283,9 (mm), todas acima da média 1332,2 (mm).

Os totais pluviométricos anuais sofrem elevação de 1200 mm junto ao litoral da Zona Sul da cidade até 1600 mm à barlavento do maciço da Tijuca. A partir deste máximo a precipitação diminui, chegando a 1000 mm na Zona Norte (RATISBONA, 1957; SERRA, 1970). O único máximo pluviométrico anual em destaque sobre o município seria o do maciço da Tijuca, com valores de 1600 mm (SERRA, 1970). Este valor é bastante inferior ao observado nesta climatologia de vinte anos (2078,4 mm).

Entre as estações localizadas na zona Sul, apenas a estação Copacabana ficou abaixo da média (1124,2 mm). Apesar da proximidade com o mar, essa estação encontra-se com aglomerados de prédios, pouca cobertura florestal, localizada no alto de um hotel (90 m), sendo a estação que apresentou o menor índice pluviométrico para o período de chuvas (113,1 mm) que compreende de dezembro a março.

A análise da topografia da região em estudo mostra em destaque que dentre as estações em análise, a estação Alta da Boa vista, com altitude de 355 metros, apresentou os maiores totais pluviométricos. A estação Alta da Boa vista é a de maior altitude da rede do Sistema Alerta Rio, localizada no interior do Maciço da Tijuca, onde também são observadas as menores temperaturas da rede.

A orografia também vai influenciar os sistemas de mesoescala que são motivados pela complexidade do relevo, grandes altitudes, adjacências aos ambientes costeiros sujeitos assim às influências continentais e correntes oceânicas. Decorrente dessas influências, a precipitação média acumulada na estação Alto da Boa Vista é 2078,4mm/ano. Índice aproximadamente 56% maior que a média anual 1332,2mm das 14 estações analisadas durante o período de vinte anos.

Além dos sistemas locais formadores de chuvas, existe também a influência dos sistemas de grande escala como, por exemplo, sistemas de Frentes Frontais, que na cidade do Rio de Janeiro ocorrem durante todo ano. Mais as Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), com maior atividade durante o verão e caracterizada por sua estacionaridade, sendo impulsionada pelas características físicas do relevo onde se encontra.

A estação Rocinha detém o posto da segunda maior precipitação média com 1686,3 (mm), localizada a uma altitude de 160 metros, e que se encontra dentro da comunidade considerada a maior da cidade do Rio de Janeiro. Localizada na costa sudeste do Maciço da Tijuca, muito próxima ao oceano Atlântico e a barlavento da encosta, o que corresponde um valor de aproximadamente 27% acima da média.

Na terceira posição aparece a estação Barra/Barrinha (Itanhangá) e sua localização é encontrada aos pés da Pedra da Gávea, com a 7 metros de altitude, sendo a segunda mais próxima ao nível do mar quando comparadas as demais estações deste trabalho. Localiza-se na Barra da Tijuca a sudoeste do Maciço da Tijuca, a barlavento do mesmo e que se encontra muito próxima do Oceano.

Nessa estação foi observado um índice pluviométrico anual de 1562,6 mm. Valor esse, que também ultrapassa a média das 14 estações estudadas em 17% aproximadamente.

A próxima estação com valores significativos de precipitação média é a estação Tijuca. A estação Tijuca apresenta a segunda maior altitude das estações analisadas com 340 metros de cota e valores médios anuais de chuvas em torno de 1516,8(mm), o equivalente a um valor de 14% acima da média.

Apesar de se encontrar a sotavento do Maciço, a elevação de altitude resulta em uma diminuição da temperatura do ar que ocasiona em aumento das precipitações a barlavento e a sotavento, apesar de terem efeitos diferentes, no entanto associados aos efeitos da orografia (SANT'ANNA NETO, 2005).

Em áreas de menores altitudes, afastadas e a sotavento do Maciço da Tijuca os valores de índices pluviométricos são geralmente menores em comparação aos totais médios observados das estações que estão próximas, em áreas de altitude e a barlavento do Maciço da Tijuca.

Em destaque na análise os três mínimos de precipitação médios anuais representados por Madureira (1061,5 mm), Jacarepaguá/Cidade de Deus (1078,9 mm) e Piedade (1079,2 mm). Essas estações se encontram em áreas de planície, densamente

povoadas, com maior distância do Maciço, e a sotavento da encosta. Devido a essas características apresenta os menos totais pluviométricos do que as demais estações analisadas.

A estação de destaque, das quais apresentaram os menores totais precipitados, dentre as 14 estações estudadas, é a estação de Madureira que ficou em primeiro lugar, totalizando uma precipitação média acumulada de 1061,5 mm, abaixo da média que foi de 1332,2 mm. Essa estação está localizada a noroeste do Maciço na estrada da Portela em um edifício da Zona Norte da Cidade, onde sua área tem como característica um adensamento populacional, representa o maior polo econômico e comercial do subúrbio.

Encontra-se afastada do Maciço da Tijuca e a sotavento desse, recebendo assim, menores influências das brisas marítimas e correntes de massas de ar úmidas que perdem umidade devido à orografia, formando gradientes maiores de evaporação, paisagens com menos umidade, ocasionando maiores temperaturas do solo e do ar.

A posição em que o ponto de coleta está localizado em uma região que apresenta relevo acentuado influencia nos totais coletados na mesma. Um exemplo é observado na Serra do Mar. As formas como se disponibilizam o relevo em relação à costa, na Serra, influenciam em quantidades de chuvas a valores superiores a 3.000 mm quando voltadas para a vertente do oceano Atlântico, ao passo que na direção a sotavento não atingem a 2.000 mm (SANT'ANNA NETO, 2005).

Importante dizer que as circulações locais são influenciadas por ventos coincidentes aos vales/montanhas devido às oscilações térmicas das superfícies. As circulações locais são conduzidas pelas características da superfície, assim como tipo de cobertura, rugosidade aerodinâmica, propriedades térmicas e principalmente a topografia, que resultam em diferenças de pressão ou que administrem o escoamento (INPE, 2011).

Logo em seguida, na segunda posição, encontra-se a estação Jacarepaguá/Cidade de Deus com 1078,9mm, localizada em área de planície. Nesse caso, sua altitude é de quinze metros, além de estar afastada do Maciço, localiza-se a sotavento e a oeste do mesmo. Com baixo remanescente de Floresta e bastante adensamento de casas não se têm muitos atributos favoráveis às influências de chuvas orográficas, no que resulta em um valor abaixo da média 1332,2 mm.

Piedade é uma estação que não está muito distante da recém estação mencionada, apresentando precipitação média acumulada de 1079,2 mm, compondo o terceiro lugar das estações que menos acumularam chuvas. Essa estação se encontra a

sotavento e ao norte do Maciço em área de baixada, aonde as massas carregadas de umidade, que vão além da Serra, perdem umidade a barlavento da encosta devido ao efeito orográfico.

Para as estações que se encontram a sotavento do Maciço, porém próximas do mesmo e cota maior de altitude, como a estação Tijuca 1516,8(mm) e Grajaú 1223,4 (mm) receberam mais chuvas devido às influencias do relevo e por ter maior cobertura florestal ao seu entorno. Ao contrário das demais estações a sotavento, que não apresentam essas características, tais quais, Madureira 1061,5(mm), Piedade 1079,2 (mm) e Grande Méier 1139,6 (mm).

O período de início da temporada das chuvas no Rio de Janeiro compreende-se no fim do mês de setembro e início do mês de outubro. Neste período, são observados mais que 80% da totalidade de precipitações anuais, que se estende até março (ALVES et al., 2005; WANDERLEY E BUNHAK, 2016).

Durante a estação chuvosa (out/mar), representada na Figura 16, as características observadas na distribuição das chuvas apresentam o mesmo padrão da escala anual. Sendo o total neste período observado para a estação Alto da Boa Vista foi de 1119,5(mm) sendo um valor de aproximadamente 36% acima da média 821,6(mm). Com esse valor ratifica a área de estudo que mais chove para essa época do ano.

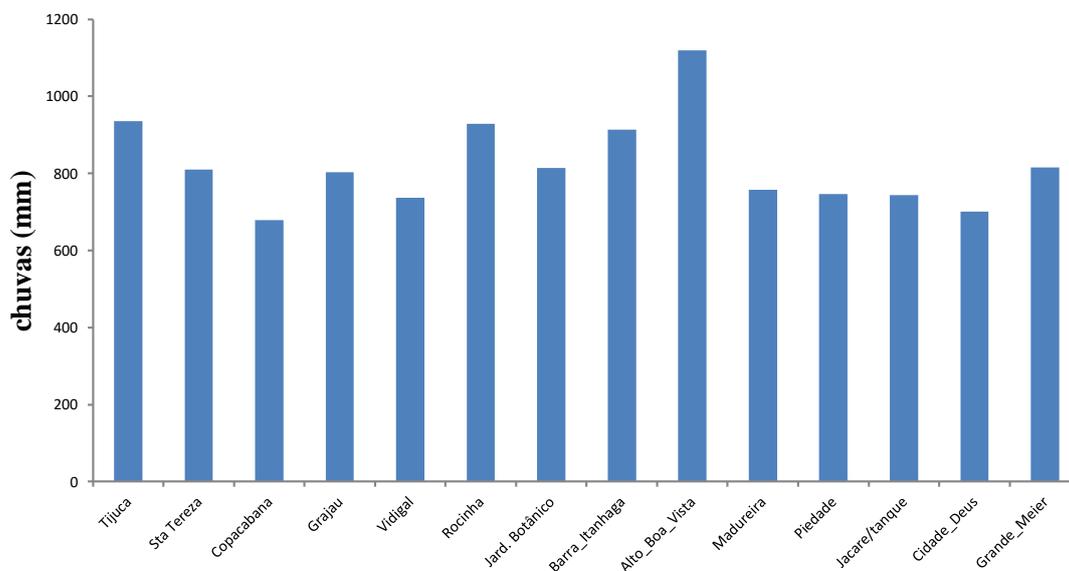


Figura 16. Período chuvoso.

Para o período chuvoso a estação da Tijuca apresentou o segundo maior total de chuvas nesta época, com 935,5(mm) algo em torno de 14% acima da média 821,6(mm). Essa estação apresenta a segunda maior altitude com 340 m, encontra-se localizada próxima ao Maciço da Tijuca e relativamente próxima da baía de Guanabara, caracterizando assim uma boa cobertura florestal.

Em áreas costeiras e de grandes cotas altimétricas, os nevoeiros constantemente ocorrem interferindo nos elementos hidrológicos dos ecossistemas (INGRAHAM e MATTHEWS, 1988), distribuição de espécies vegetais (KEERFOT, 1968; KAPPELLE, 2004) e também na precipitação/dispersão de poluentes (EAGER e ADAMS, 1992).

Já a estação Rocinha 928,1 mm e Barra/Barrinha 914,1 mm detêm a terceira e quarta posição respectivamente, também valores acima da média e que se encontram a barlavento e ao Sul do Maciço da Tijuca, recebendo também todas as influências dos sistemas meteorológicos na região.

Esses índices estão relacionados aos sistemas de mesoescala, junto com convecção local e os sistemas de brisa marítima/terrestre e brisa de vale/montanha, os quais são sistemas locais que se destacam no local de estudo.

Outros fatores que se destacam na influência de chuvas nessa região, associados ao relevo e a proximidade do oceano é o fato da região ser corredor de sistemas transientes, os quais podem ser ditos como: sistemas frontais (SFs), ciclones extratropicais, vórtices ciclônicos dos altos níveis de origem subtropical, sistemas convectivos de mesoescala, além de outros, os quais promovem um aumento da precipitação e a intensificação dos ventos (DERECZYNSKI et al., 2009).

Algumas estações da Zona Norte da cidade, como por exemplo, no Grande Méier (815,8 mm), Madureira (757,2 mm) e Piedade (746,9 mm), foram maiores que algumas estações da Zona Sul, como Copacabana (678,6 mm) e Vidigal (736,3 mm).

No entanto, esse fato somente ocorre nesta época do ano, porque as chuvas com atributos convectivos em setores ao norte do município ficam mais intensas por estarem relacionadas com o aquecimento local.

Os sistemas que apresentam maior frequência nesta época do ano são representados pelos Sistemas Frontais e Zonas de Convergência do Atlântico Sul, porém esse último é típico do verão devido a sua estacionaridade, resultando grandes vultosas chuvas para toda área em análise. (QUADRO, 1994)

Para o período seco, ou de estiagem, que se estende do mês de abril a meados de setembro, a pluviometria observada na estação Alto da Boa Vista apresentou valor total

com discrepância maior em relação à média desse período (Figura 17). Para essa estação foi observado um índice de precipitação em aproximadamente 88% acima da média de 510,6 (mm), onde no Alto da Boa Vista foi observado 958,9(mm).

A diferença da distribuição das chuvas na área de estudo ratifica o efeito do Maciço da Tijuca, da ótima cobertura florestal que ali se encontra e, sobretudo do efeito orográfico, já que durante esse período, os principais sistemas meteorológicos produtores de chuvas na região de meso e macroescala são escassos ou inexistentes.

Deste modo, a distribuição das chuvas é devido ao sistema local de circulação, os quais sofrem a influência do relevo provocando chuvas de origem orográficas.

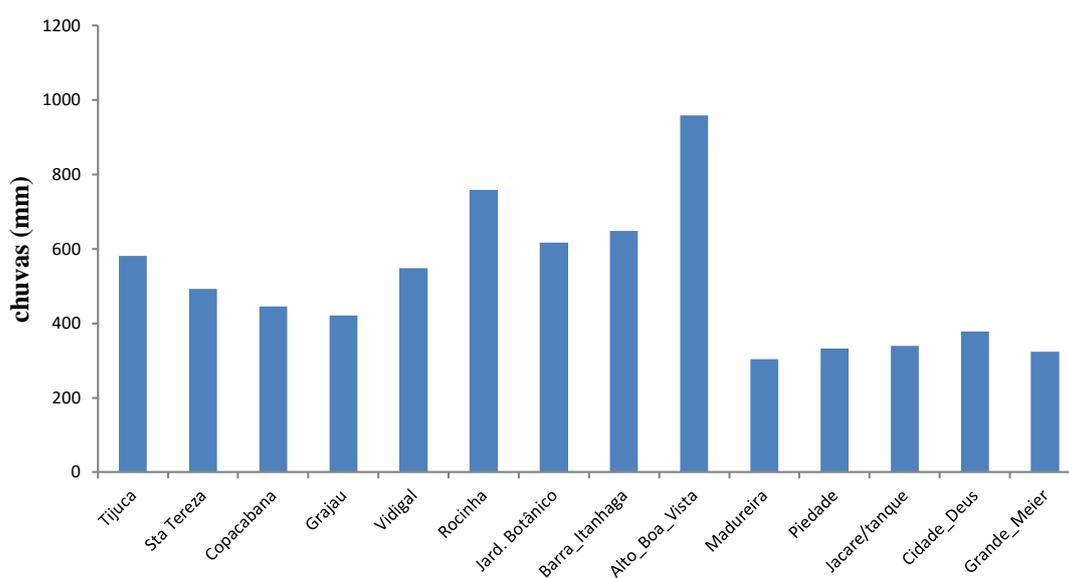


Figura 17. Período seco.

Nesse período, as chuvas são de origem estratiforme, provocadas pelas massas polares e sendo assim contínuas, mas não geram intensas precipitações pluviais. Dentro deste período não se observa a atuação dos sistemas provenientes da Amazônia (ZCAS), pois a chamada alta subtropical do Atlântico Sul (ASAS), um bloqueio atmosférico no qual as frentes frias são impedidas de avançarem sobre o Sudeste brasileiro, no que resulta na inibição de formação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) (SANTOS & FIALHO, 2016).

Deste modo, o total precipitado para algumas estações como Madureira 304,3(mm) e Grande Méier 323,9(mm) chegam a ser aproximadamente um terço menor comparado com a estação Alto da Boa Vista 958,9(mm). Ressaltando que este valor de

958,9 (mm) foi maior do que o maior índice obtido por qualquer outra estação no período de chuvas, superando o segundo maior total observado da época de chuvas na estação da Tijuca, com 935,5mm.

Os menores totais pluviométricos foram observados nas estações que ficam em áreas densamente povoadas, a sotavento da barreira física do Maciço da Tijuca, ao norte do Maciço e afastada deste. As estações de Piedade, Grande Méier e Madureira foram as que apresentaram os menores totais médio, com precipitações de 332,2(mm), 323,9(mm) e 304,3(mm), respectivamente. Todas as estações do grupo verde (a sotavento), representadas no dendograma acima, estão abaixo da média, enquanto todos do grupo azul (a barlavento) estão acima da média.

No inverno o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) exerce maior penetrabilidade continental, impede ou inibe a entrada de frentes, causando inversão térmica e aglomeração de poluentes nos principais centros urbanos das regiões sudeste e sul (SANTOS & FIALHO, 2016).

O ASAS, por ser um sistema quase-estacionário, está presente durante todo o ano e devido aos seus movimentos verticais descendentes cria um elevado grau de estabilidade, principalmente na sua porção mais central (SANTOS & FIALHO, 2016)

Quando o ASAS se encontra mais próximo do continente, favorece subsidência de ar, ou seja, o ar desce das camadas médias da atmosfera para as mais baixas, ocasionando menos convecção, devido ao movimento de alta pressão, impedindo condições de chuvas (SANTOS & FIALHO, 2016).

Sobre a influência do ASAS a umidade oriunda da evaporação da superfície oceânica fica restrita à camada superficial resultando em baixas nuvens. Isso ocasiona uma inibição de nebulosidade e, por conseguinte, qualquer fenômeno meteorológico que contenha precipitação. No caso do estado do Rio de Janeiro fica sob seu domínio, principalmente no inverno, no que leva às condições de pouca ou nenhuma nebulosidade, além da falta de chuvas, ou seja, período seco (SANTOS & FIALHO, 2016).

## 5. CONCLUSÕES

Referente a este estudo foi produzido uma avaliação do comportamento homogêneo da distribuição de chuvas no município do Rio de Janeiro, tanto no Maciço da Tijuca quanto ao seu entorno, possibilitando na identificação de quatro grupos perante a influência topográfica do mesmo, de sua taxa de cobertura florestal, altitude e proximidade do oceano.

As observações mostraram, que a média acumulada ao longo do ano e sazonalmente (chuvoso/seco), os maiores valores de chuvas foram localizados na estação Alto da Boa Vista. No total médio acumulado de chuvas obteve 2078,4 (mm), enquanto que no período chuvoso foi de 1119,5(mm) e 958,9(mm) no período seco.

Importante mencionar que esse valor do período seco é maior do que qualquer outra estação no período de chuvas e que representa aproximadamente 88% acima da média (510,6mm) do período seco.

Na zona da sul da cidade e a barlavento do maciço todas as estações, exceto Copacabana, obtiveram a média acumulada de chuvas acima da média 1332, 2(mm) de todas as estações da pesquisa, destaque para a estação da Rocinha com 1686,3(mm), onde essas estações da zona sul se encontram no grupo 1.

Na área norte ou oeste do maciço, a sotavento do mesmo, encontram-se os menores valores da média acumulada de chuvas, com o mínimo acumulado de 1061,5(mm) em Madureira. As chuvas médias acumuladas nessas regiões variam de 1050 a 1150(mm), lembrando que são valores abaixo da média 1332,2(mm) das 14 estações e que essas estações se encontram no grupo 4.

Este comportamento da distribuição de chuvas é explicado por fenômenos meteorológicos que deslocam preferencialmente de sul para norte, produzindo maiores chuvas a barlavento do que a sotavento das serras. Tal processo é amplificado pelo levantamento de ar úmido trazido pela brisa marítima que predomina no município.

No período de chuvas nota-se que algumas estações da Zona Sul, Vidigal e Copacabana, o regime de chuvas se mostra inferior ao observado na Zona Norte da cidade, como por exemplo, em Madureira, Piedade e Méier. Isto só pode ser visto nesta época do ano. Este acontecimento pode estar relacionado com o fato de no verão as chuvas de caráter convectivo na Zona Norte da cidade ser intensificada pelo maior aquecimento local.

Mesmo que este estudo tenha analisado pequenos dados em um tempo relativamente abaixo (20 anos) das normais climatológicas de 30 anos pode-se garantir que este estudo serve de parâmetro de chuvas no município, especificamente no Maciço e seu entorno, sendo de grande utilidade para novas pesquisas em diversas áreas como no planejamento de crescimento urbano, riscos de escorregamentos, planos diretores de bacias hidrográficas, sendo de grande utilidade para trabalhos futuros.

## 6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M.A. A cidade, a montanha e a floresta. In: ABREU, M.A. (editor) *Natureza e Sociedade do Rio de Janeiro*, Biblioteca do Rio de Janeiro, Secretaria Municipal de Cultura, Turismo e Esportes. p. 54-103. 1992.

ABREU, Magda Luzimar de. Climatologia da estação chuvosa de Minas Gerais: de Nimer (1977) à Zona de Convergência do Atlântico Sul. *Revista Geonomos*, Belo Horizonte, v. 6, n. 2, p.17-22, dez. 1998. Disponível em: <[http://www.igc.ufmg.br/geonomos/PDFs/6\\_2\\_17\\_22\\_Abreu.pdf](http://www.igc.ufmg.br/geonomos/PDFs/6_2_17_22_Abreu.pdf)>. Acesso em: dezembro de 2017.

ALVES, L. M.; MARENGO, J. A.; CAMARGO JR., H.; CASTRO, C. Início da estação chuvosa na região Sudeste do Brasil: Parte 1 – Estudos observacionais. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 20, n. 3, p. 385-394, 2005.

ANDERBERG, Michael R. *Cluster analysis for applications*. New York: Academic Press, 1973.

ANIDO, R., N., M.. Caracterização hidrológica em uma microbacia experimental visando identificar indicadores de monitoramento ambiental. São Paulo, Piracicaba. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 69p, 2002. (Dissertação).

ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V.; ROCHA, P. A. B. Precipitação efetiva e Interceptação das chuvas por floresta de Mata Atlântica em uma microbacia experimental em Cunha - São Paulo. *Revista Árvore*, v. 27, n. 2, p. 257-262, 2003.

ASCHAN, G.; JIMENEZ, M. S.; MORALES, D.; LOSCH, R. Microclimatic aspects of a Laurel forest at Tenerife. *Vieraea*, v. 28, p. 15-29, 1994.

BARBOZA, R. S. Caracterização das Bacias Aéreas e Avaliação da Chuva Oculta nos Contrafortes da Serra do Mar. 2007. 54 f. Seropédica, Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) Universidade Federal Rural do rio de Janeiro, 2007.

BERTONCELLO, R.; YAMAMOTO, K.; MEIRELES, L. D.; SHEPHERD, G. J. A phytogeographic analysis of cloud forests and other forest subtypes amidst the Atlantic forests in south and southeast Brazil. *Biodivers Conserv.*, v. 20, p.3413–3433, 2011.

BIONDI D. *Arborização urbana: aplicada à educação ambiental nas escolas*. Curitiba: O Autor; 2008.

BITENCOURT, D. P.; ACEVEDO, O. C.; MORAES, O. L. L.; DEGRAZIA, G. A. A interação do vento local no interior de um vale com o escoamento de grande escala – análise de dois estudos de caso. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.24, n.4, p.436-447, 2009.

BROWN, A. E.; ZHANG, L.; MCMAHON, T. A.; WESTERN, A. W.; VERTESSY, R. A. A review of paired catchment studies for determining changes in water yield resulting from alterations in vegetation. *Journal of Hydrology*, v. 310, p. 28-61, 2005.

BRUIJNZEEL, L. A. (De)forestation and dry season flow in the tropics: a closer look. *J. Trop. For. Sci.* v.1, p. 229–243, 1989.

BRUIJNZEEL, L. A. Hydrological functions of tropical forests: not seeing the soil for the trees? *Agriculture, Ecosystems e Environment*, v. 104, p. 185-228, 2004.

BRUIJNZEEL, L. A. Hydrology of tropical montane cloud forests: a reassessment. *Land Use and Water Research*, v. 1, p. 1.1-1.18, 2001.

BRUIJNZEEL, L. A. Hydrology of tropical montane cloud forests: a re-evaluation. In: J. S. Gladwell, ed. *Proceedings of the Second International Colloquium on Hydrology of the Humid Tropics*. Panama City, Panama, CATHALAC, 2000.

BRUIJNZEEL, L. A. The hydrological cycle in moist tropical forest. In: BRUIJNZEEL, L. A. *Hydrology of moist tropical forests and effects of conversion: a state of knowledge review*. Amsterdam: IAHS, p. 5-38, 1990.

BRUIJNZEEL, L. A.; HAMILTON, L. S. *Tiempos decisivos para las selvas de neblina*. Paris: UNESCO: International Hydrological Programme, 41 p, 2001.

BRUIJNZEEL, L. A.; PROCTOR, J. Hydrology and biogeochemistry of tropical montane cloud forests: what do we really know? In: *Tropical Montane Cloud Forests*. Ecological Studies 110. Springer, New York, p 38–78, 1995.

BUBB, P.; ALDRICH, M.; SAYER, J. Tropical montane cloud forests - time for action. *Unasylva*, v. 208, p. 36-38, 2002.

BUSINGER, S.; GRAZIANO T. M.; KAPLAN, M. L.; ROZUMALSKI, R. A. Cold-air cyclogenesis along the Gulf-Stream front: investigation of diabatic impacts on cyclone development, frontal structure, and track. *Meteorol AtmosPhys* 88, 65-90, 2005.

BYERLE, L. A.; PAEGLE, J. Description of the seasonal cycle of low-level flows flanking the Andes and their interannual variability. *Meteorologica*, v. 27, p. 71–88, 2002.

CAMARGO, R. Meteorologia Sinótica. Departamento de Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo. Disponível em <http://www.master.iag.usp.br/ensino/Sinotica/AULA11/AULA11.HTML>, acessado em agosto de 2017. 2004.

CAVALCANTI, I. F. A. Um estudo sobre interações entre sistemas de circulação de escala sinótica e circulações locais. 1982. 133 f. (Dissertação em Meteorologia) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos – SP, 1982.

CAVALCANTI, I.F. A. Episódios de El Niño/Oscilação Sul durante a década de 1986 a 1996 e suas influências sobre o Brasil. Climanálise Edição Especial Comemorativa – 10 anos, 1996.

CAVALIER, J., D.; SOLIS, M. A. JARAMILO. Fog interception in montane forest across the central cordillera of Panamá. *Journal of Tropical Ecology*. 12: 357-369. 1996.

CHEN, S. H.; LIN, Y. L. Orographic effects on a conditionally unstable flow over an idealized three-dimensional mesoscale mountain. *Meteorol. Atmos. Phys.*, v.88, p. 1–21, 2005.

CLEVELARIO JR, J. Distribuição de carbono e de elementos minerais em um ecossistema florestal tropical: úmido baixo montanhoso. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Viçosa/MG. 135p,1995.

COELHO NETTO, A.L. Surface hydrology and soilerosion in a Tropical mountainousrainforestdrainagebasin, Rio de Janeiro. Doctorthesis – KatholiekeUniversiteitLeuven, Belgium,1985.

CORTINES, E. Influência da interceptação horizontal na determinação de zonas de umidade em vertentes a sotavento da Serra do Mar, RJ. Rio de Janeiro, Seropédica. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 144p. 2012. (Tese de Doutorado).

COSTA, C., D. Variabilidade intranual da precipitação pluvial mensal no estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Seropédica. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 31f, 2010.

DA SILVA, M. G. A. A J. Frequência de Fenômenos Meteorológicos na América do Sul: Climatologia e Previsibilidade. Tese (Doutorado em engenharia mecânica) - Coordenação dos Programas de Pós Graduação em Engenharia. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003.

DACANAL C, LABAKI LC, SILVA TML. Vamos passear na floresta! O conforto térmico em fragmentos florestais urbanos. *Ambiente Construído* 2010; 10(2): 115-132.

DANTAS, M.E., COELHO NETTO, A.L. Taxas de sedimentação e de rebaixamento do relevo: bacia do Rio Piracema (RJ/SP), Médio Vale do Rio Paraíba do Sul. In I Simpósio Nacional de Geomorfologia, Uberlândia, 1996.

DERECZYNSKI, C., P.; OLIVEIRA, J., S.; MACHADO, C., O. Climatologia da precipitação no município do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.24, n.1, 24-38, 2009.

DIAS, M. A. F. da S. Sistemas de mesoescala e previsão de tempo a curto prazo. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.2, p. 133-150, 1987.

DONI, M., V. Análise de cluster: métodos hierárquicos e de particionamento. Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo. 92p, 2004.

D'ORSI, R., N.; PAES, N., M.; MAGALHÃES, M., A.; JUNIOR, L., R., S.; VALENTE, L., R., S. Relatório Anual de Chuva para a cidade do Rio de Janeiro no ano de 2016. Diretoria de estudos e projetos gerência de programas especiais sistema alerta rio. Prefeitura do Rio de Janeiro, 2017.

DUNNE, T. Field studies of hillslope flow processes. In: KIRKBY, M.J. (Ed.), *Hillslope Hydrology*. Wiley: New York, p. 227–293, 1978.

EAGER C.; ADAMS, M. B., *Ecology and Decline of Red Spruce in the Eastern United States*. Springer-Verlag, 1992.

ESCOBAR, G. C. J. Padrões sinóticos associados a ondas de frio na cidade de São Paulo. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.22, n.2, 241-254, 2007.

FEARNSIDE, F. M. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. *Actaamazônica*, v. 36, n. 3, p. 395-400, 2006.

FELLOWS, D. K. *The Environment of Mankind: an introduction to physical geography*. 484 p. 1978.

FERNANDES, M.C., LAGUENS, J.V.M. e COELHO NETTO, A.L. O processo de ocupação por favelas e sua relação com os eventos de deslizamentos no maciço da Tijuca. *Anuário de Geociências da UFRJ*. 1999.

FERREIRA, S. J. F.; LUIZÃO, F. J.; DALLAROSA, R. L. G. Precipitação interna e interceptação da chuva em floresta de terra firme submetida à extração de madeira na Amazônia Central. *Acta Amazonica*, v. 35, n. 1, p. 55-62, 2005.

FIDERJ. Fundação Instituto de Desenvolvimento Econômico e Social do Rio de Janeiro. Indicadores climatológicos do Estado do RJ Fundação Instituto de Desenvolvimento Econômico e Social do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: SIPE (Sistema de Informações Para o Planejamento Estadual), 155 p,1978.

FIGUEROA, S. N.; SATYAMURTY, P.; SILVA DIAS, P.L. Simulations of the summer circulation over the South American region with an eta coordinate model. *J. Atmos. Sci.*, v.52, p.1573–1584, 1995.

FRANÇA MS. Microclimas e suas relações com o uso do solo no entorno de escolas públicas na cidade de Cuiabá/MT. *Revista Educação. Cultura e Scuola* 2012; 2(2): 148-161.

FREITAS, W.; MAGALHÃES, L.; GUAPYASSÚ, M. Potencial de uso público do Parque Nacional da Tijuca. *Acta ScientiarumTechnology*, v. 24, n. 6, p. 1833-1842, 2002.

FUJIEDA, M.; KUDOH, T.; CICCIO, V.; CALVARCHO, J. L. Hydrological processes attwo subtropical forestcatchments: the Serra do Mar, São Paulo, Brazil. *Journal of Hydrology*, v. 196, p. 26-46, 1997.

GABRIEL, G.; JAUZE, L. Fog water interception by Sophoradenudata trees in a Reunion upper-montane forest, Indian Ocean. *Atmospheric Research*, v.87, p. 338–351, 2008.

GARCIA-SANTOS, G. An ecohyrdrological and soil study in a montane cloud forest in the National Park of Garajonay, La Gomera (Canary Island, Spain). Ph.D. thesis, VU University Amsterdam, Amsterdam, The Netherlands. 2007.

GARCIA-SANTOS, G.; MARZOL, M. V.; ASCHAN, G. Water dynamic in laurel montane cloud forests in the Garajonay National Park (Canary Island, Spain) *Hydrology and Earth System Science*, v. 8, n. 6, p. 1065-1075, 2004.

GEOHECO-UFRJ, SMAC-RJ Estudos de Qualidade Ambiental do Geocossistema do Maciço da Tijuca – subsídios à regulamentação da APARU do Alto da Boa Vista: Fase 2: Subsistema Hidrográfico da Baía de Guanabara (SSHBG) – (3o Relatório) Secretaria Municipal do Meio Ambiente, Rio de Janeiro. 100p. 2000.

GEOHECO-UFRJ, SMAC-RJ Estudos de Qualidade Ambiental do Geocossistema do Maciço da Tijuca – subsídios à regulamentação da APARU do Alto da Boa Vista: Fase 3: Subsistema Hidrográfico das Zona Sul (SSHZS) – (4o Relatório). Secretaria Municipal do Meio Ambiente, Rio de Janeiro. 106p.2000.

GHENO E. L., FRANÇA M. S., MAITELLI S. F. Variações microclimáticas na área urbana de Sinop no final da estação chuvosa. *Revista Educação. Cultura e Scuola*; 2(1): 139-153. 2012.

GNADLINGER, J. Coleta de água de chuva em áreas rurais. In: fórum mundial da água, 2., 2000, Holanda. Anais eletrônicos... Disponível em: <<http://irpaa.org.br/colheita/indexb.htm>>. Acesso em: 15 mai. 2017..

GONZÁLEZ, J. Monitoring Cloud Interception in a Tropical Montane Cloud Forest in a South-western Colombia Andes, *Advanced Environmental Monitoring and Modelling*, Vol. 01. 97-117. 2000.

GRIMM, A. M.; PAL, J. S.; GIORGI, F. Connection between Spring Conditions and Peak Summer Monsoon Rainfall in South America: Role of Soil Moisture, Surface Temperature, and topography in Eastern Brazil. *Journal of Climate*, v. 20, p. 5929-5945. 2007.

HAIR, J. F., et al. *Análise multivariada de dados*. Trad. Adonai S. Sant'Anna e Anselmo C. Neto. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HALKIDI, Maria; BATISTAKIS, Yannis; VAZIRGIANNIS, Michalis. On clustering validation techniques. *Journal of Intelligent Information Systems*, v. 17, n. 2-3, p. 107-145, Dec. 2001.

INGRAHAM, N. L.; MATTHEWS, R. A. Fog drip as a source of groundwater recharge in Northern Kenya. *Water Resour. Res.*, v. 24, p. 1406–1410, 1988.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/>. Acesso em: maio de 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORESTAS. Bioma Mata Atlântica. 2013. Disponível em: <<http://ibflorestas.org.br/pt/bioma-mata-atlantica.html>>. Acesso em: 11 Set. 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Características de grande escala associadas a eventos extremos na Serra do Mar. Disponível em: [www.serradomar.cptec.inpe.br/caracteristicas.shtml](http://www.serradomar.cptec.inpe.br/caracteristicas.shtml); acesso em: julho de 2017.

ITO, E. R. K.; AMBRIZZI, T. Climatologia da posição da alta subtropical do atlântico sul para os meses de inverno. In: XI CONGRESSO LATINOAMERICANO E IBERICO DE METEOROLOGIA, 2000, Rio de Janeiro. *A Meteorologia Brasileira além do ano 2000*. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2000. p. 860-865.

KAPPELLE, M. Tropical montane forests. In: BURLEY, S.; EVANS, J.; YOUNGQUIST, J. A. (eds.). Encyclopedia of forest sciences. Elsevier: Oxford, England. p. 1782-1793, 2004.

KAUFMAN LEONARD; ROUSSEEUW, PETER J., Finding Groups in Data ,An Introduction to Cluster Analysis, Wiley Inter-science, Canadá, 1990.

KNOLL, D.; SCHREIBER, L. Plant-microbe interactions: wetting of ivy (*Hedera helix* L.) leaf surfaces in relation to colonization by epiphytic microorganisms. *Microbial Ecology*, v. 41, p. 33–42, 2000.

KODAMA, Y., 1993: Large-Scale Common Features of Subtropical Precipitation Zones (The Baiu Frontal Zone, The SPCZ and The SACZ), Part I: Characteristics of Subtropical Precipitation Zones. *J. Met. Soc. Japan*, 70: 813836.

KOUSKY, V. E. Frontal influences on Northeast Brazil. *Monthly Weather Review*.v. 107, p. 1140-1153, 1979.

LAWTON, R.O.; NAIR, U. S.; PIELKE, R.A.; WELCH, R.M. Climatic Impact of Tropical Lowland Deforestation on Nearby Montane Cloud Forests. *Science*, v. 294, p. 584-587, 2001.

LEAL, L. A influência da vegetação no clima urbano da cidade de Curitiba – PR [tese]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 2012.

LEMOS C. F.; CALBETE, N. O. Sistemas Frontais que atuaram no litoral de 1987 a 1995. *Climanálise Especial, Edição Comemorativa de 10 anos*,1996.

LENTERS, J. D.; COOK, K. H. Simulation and diagnosis of the regional summertime precipitation climatology of South. America. *J. Climate*, v.8, p.: 2988–3005, 1995.

LIMA, K. C.; SATYAMURTY, P.; FERNÁNDEZ, J. P. R. Large-scale atmospheric conditions associated with heavy rainfall episodes in southeast Brasil. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 101, n. 12, p. 121-135, 2010.

LIMA,E.,N.. Aplicação do sistema de informações geográficas para o inventário da arborização de ruas de Curitiba, PR. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 89p, 2011. (Dissertação).

LIMA, E. A importância da Floresta da Tijuca na cidade do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: UFRJ. Monografia de especialização. Programas de Pós-graduação de engenharia - Curso de especialização em gestão ambiental de bacias hidrográficas (CGABH), 48p, 2007.

LIU, W.; WANG, P.; LI, J.; LI, P. The importance of radiation fog in the tropical seasonal rain Forest of Xishuangbanna, South-West China. *Hydrology Research*, London, v. 39, n. 1, p. 79-87, 2008.

MAIA, L. F. P. G. Alguns aspectos dinâmico-climatológicos em Minas Gerais. 1986. 164 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1986.

MARCONDES, A. C. *Ecologia*. São Paulo, Atual Editora, 210p, 1996.

MARQUES, O.; TIENNE, L.; CORTINES, E.; VALCARCEL, R.. Atributos ambientais definidores de presença de fragmentos florestais de Mata Atlântica em microbacias instáveis. *EDUR. Revista Universidade Rural Série Ciências da Vida*. v. 24, n. 2, p.145-150, 2004.

MARTINS, S. V. *Recuperação de matas ciliares*. Viçosa–MG: Aprenda Fácil, 143p, 2001.

MCJANNET, D.; WALLACE, J.; FITCH, P.; DISHER, M.; REDDELL, P. *Water balance measurements in Australia's wet tropics: sites, methods and results*. Black Mountain: CSIRO, 30 p,2006.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. *Climatologia: noções básicas e climas do Brasil*. São Paulo: Oficina de textos, 206 p,2007.

MIRANDA, E. L. F.; OLIVEIRA, R. R. *Orquídeas rupícolas do Morro do Pão de Açúcar*, Rio de Janeiro. *Atas Soc. Bot. Brasil*, v. 1, n.18, p. 99-105, 1983.

MIRANDA, J.C. *Intercepção florestal nas encostas florestadas do Maciço da Tijuca, Parque Nacional da Tijuca*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geografia/UFRJ,1992.

MOREIRA, J. L. B. *Estudo da distribuição espacial das chuvas em Belo Horizonte e em seu entorno*. 2002. 109 p. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Minas Gerais, IGC, Belo Horizonte, MG. 2002.

MIRKIN, BORIS. *Mathematical Classification and Clustering*, Kluwer Academic Publishers, London, 1996.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, v. 403, p.853–858, 2000.

NETTO, A., L., C. *A interface floresta-cidade no maciço da tijuca frente aos desastres naturais relacionados à água*. *Revista do Departamento de Geografia*, v.16, 46-60, 2005.

NEVES, H. C. A vegetação de altitude e a recarga hídrica potencial no conselho do Funchal. In: VII CONGRESSO DAS ÁGUAS. Associação Portuguesa de Recursos Hídricos. Anais 2004.

NOGUES-PAEGLE, J.; MO, K. C. Alternating wet and dry conditions over South America during summer. *Monthly Weather Review*, v. 125, p. 279–291, 1997.

OLIVEIRA, A. Interações entre sistemas frontais na América do Sul e a convecção da Amazônia. Dissertação (Mestrado em meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1986.

OLIVEIRA, J. L. F. de; SANTOS, I. de A.; ROSAS, R. O.; LANDAU, L. Bacia aérea III: Uma unidade de gerenciamento da qualidade do ar da região metropolitana do Rio de Janeiro, 2005.

OLIVEIRA, R. R.; ZAÚ, A. S.; LIMA, D. F.; SILVA, M. B. R.; VIANNA, M. C.; SODRÉ, D. O.; SAMPAIO, P. D. Significado ecológico da orientação de encostas no maciço da Tijuca, Rio de Janeiro. *Oecologia Brasiliensis*, v.1, p.523-541, 1995.

PIRES, D. O. Inventário de emissões atmosféricas de fontes estacionárias e sua contribuição para a poluição do ar na região metropolitana do Rio de Janeiro. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) COOPE/Universidade federal do Rio de Janeiro-RJ, 188p, 2005.

PRADA, S.; SEQUEIRA, M. M.; FIGUEIRA, C.; DA SILVA, M. O. Fog precipitation and rainfall interception in the natural forests of Madeira Island (Portugal). *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 149, p. 1179–1187, 2009.

QUADRO, MÁRIO FRANCISCO LEAL. Estudo de Episódios de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul. 1994. 94f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – INPE, São José dos Campos, 1994.

QUINTAL, G., M., C., C. Análise de clusters aplicada com sucesso/insucesso em matemática. Universidade da Madeira. 171f, 2006. (dissertação).

RANZINI, M.; DONATO, C. F.; CICCIO, V.; ARCOVA, F. C. S. Geração do deflúvio de uma microbacia com mata atlântica, Cunha, SP. *Rev. Inst. Flor.*, v.23, n.2, p. 179-190, 2011.

RATISBONNA L. Clima do Rio de Janeiro. 2. ed., Transcrição de: Boletim Geográfico. Ministério da Agricultura. Serviço de Meteorologia, p. 527-560, 1957.

REIS C. S., CONCEIÇÃO G. M. Aspectos florísticos de um fragmento de vegetação, localizado no Município de Caxias, Maranhão, Brasil. *Scientia Plena*; 6(2): 2-17. 2010.

RODRIGUES, R.R; BRANCALION, P.H.S; ISERNHAGEN, I. Pacto pela restauração da mata atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. São Paulo: LERF/ESALQ: Instituto BioAtlântica, 256p. 2009.

SANT'ANNA NETO, J. L. Decálogo de climatologia do Sudeste Brasileiro. *Revista Brasileira de Climatologia*, v.1, p. 43-60, 2005.

SANTOS, V., J.; FIALHO, E., S. Zona de convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e impactos pluviiais intensos: o caso da cidade de Ubá/MG. *Revista Brasileira de Climatologia*. Vol.19, 218-238, 2016.

SATTERLUND, D. R. *Wildland Watershed Management*. United States of America. Ed. John Wiley e Sons, Inc., 370 p, 1972.

SATYAMURTY P, MATTOS L. F.; NOBRE C. A.; SILVA DIAS, P. L. Tropics – South America. In : *Meteorology of the Southern Hemisphere*, Ed. Kauly, D. J. and Vincent, D. G., Meteorological Monograph. American Meteorological Society, Boston, p. 119–139, 1998.

SELUCHI, M. E., CHOU, S.C.. Intercambios de masas de aire entre latitudes tropicales y extra tropicales de Sudamérica: Validación del modelo regional Eta. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos CPTEC/INPE São Paulo, Brasil. Dirección permanente: Centro de Investigaciones del Maryla Atmósfera (CIMA/CONICET), Buenos Aires, Argentina, 2001.

SERRA, A. B. Clima da Guanabara. *Boletim Geográfico*, ano 29, n. 214, jan/fev 1970, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia, p. 80-111, 1970.

SERRA, A. B.; SCHELLEKENS, J.; SCATENA, F. N.; BRUIJNZEEL, L. A.; WICKEL, A. J. Modelling rainfall interception by a lowland tropical rain forest in northeastern Puerto Rico. *Journal of Hydrology*, v. 225, p. 168-184, 1999.

SCHOLL, M. A.; GINGERICH, S. B.; TRIBBLE, G. W. The influence of microclimates and fog on stable isotope signatures used in interpretation of regional hydrology: East Maui, Hawaii. *Journal of Hydrology*, v. 264, p. 170–184, 2002.

SILVEIRA, C.S. Hidrogeoquímica em sistema de drenagem montanhoso-florestal: subsidio à compreensão do processo de intemperismo - Parque Nacional da Tijuca, RJ. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geografia/UFRJ, 1997.

SOARES, F. S.; FRANCISCO, C. N.; CARVALHO, C. N. Análise dos fatores que influenciam a distribuição espacial da precipitação no litoral sul fluminense – RJ. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XII, 2005a, Goiânia, Brasil. Anais... São José dos Campos: INPE, pp. 3365-3370,2005.

SOS Mata Atlântica e INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica: período 2008 a 2010. São Paulo.122 p. 2011.

STADTMULLER,T; AGUDELO, N. Amount and variability of cloud moisture input in a tropical cloud forest. In: Hidrology in mountainous regions. Hydrological measurements: the Water cycle, Lausanne, Suíça. IAHS. v. 2, n. 193, 1990.

TEXEIRA, G., M. Serviços ambientais hidrológicos das áreas de preservação permanente em topo de morros. 2015, 60f. Seropédica. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) Universidade Federal Rural do rio de Janeiro, 2015.

VALDIYA, K. S.; BARTARYA, S. K. Diminishing discharges of mountain springs in a part of the Kumaun Himalaya. Currentscience, v.58, n. 8, p. 417-426, 1989.

VALERIANO, M. M.; PICINI, A. G. Geoprocessamento de informações agroclimatológicas. São José dos Campos, SP: INPE: Coordenação de Ensino, Documentação e Programas Especiais (INPE-1028-RPQ/751), 133p,2003.

VIANELLO, R. L.; MAIA, L. F. P. G, Estudo Preliminar da Climatologia Dinâmica do Estado de Minas Gerais. In: I CONGRESSO INTERAMERICANO DE METEOROLOGIA, 1986. Brasília. Anais I. p. 185-194.

VIANELLO, R. L. E ALVES, A.R. Meteorologia Básica e Aplicações, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, MG. 1991.

VINAGRE, T., P., M. Uma reflexão sobre ecoturismo e sustentabilidade no parque nacional da Tijuca – diferentes visões sobre a unidade de conservação. Rio de Janeiro, Niterói. Universidade Federal Fluminense. 84p. 2012.

WANDERLEY, H. S.; BUNHAK, A. C. S. Alteração da precipitação e do número de dias sem chuva na região Sul Fluminense no estado do Rio de Janeiro. Revista Brasileira de Geografia Física, Vol. 9, No 7, 2341-2353p. 2016.

WEATHERS, K.C.; LIKENS, G.E. Clouds in southern Chile: an important source of nitrogen to nitrogen-limited ecosystems? Environ. Sci. Technol. V. 31: 210–213. 1997.

ZAIANE, OSMAR R. On data clustering analysis: scalability, constraints and validation. Edmonton Alberta, University of Alberta, 2003.

ZIEGLER, A. D.; GIAMBELLUCA, T. W.; TRAN, L. T.; VANA, T. T.; NULLET, M. A.; FOX, J.; VIEN, T. D.; PINTHONG, J.; MAXWELL, J. F.; EVETT, S. Hydrological consequences of landscape fragmentation in mountainous northern Vietnam: evidence of accelerated overland flow generation. *Journal of Hydrology*, v. 287, p. 124-146, 2004.

ZIMMERMANN, B.; ELSENBEER, H.; MORAES, J. M. The influence of land-use changes on soil hydraulic properties: Implications for runoff generation. *Forest Ecology and Management*, v. 222, p. 29-38, 2006.