UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA FÍSICA

**Opções de Adaptação às Mudanças do Clima para a Bacia do Rio
Aricanduva**

Gustavo Costa Moreira da Silva

Dissertação apresentada ao
programa de Pós-Graduação em
Geografia Física da Faculdade de
Filosofia, Letras e Ciências
Humanas da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título de
Mestre em Geografia Física

Orientadora: Profa. Dra. Maria Elisa Siqueira Silva

São Paulo
2010

GUSTAVO COSTA MOREIRA DA SILVA

**OPÇÕES DE ADAPTAÇÃO ÀS MUDANÇAS DO CLIMA
PARA A BACIA DO RIO ARICANDUVA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia Física da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Geografia Física.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO:
Geografia Física

ORIENTADORA: Profa. Dra Maria
Elisa Siqueira Silva

**São Paulo
2010**

Dados para catalogação:

Silva, Gustavo Costa Moreira da

Opções de adaptação às mudanças do clima para a bacia do rio Aricanduva / Gustavo Costa Moreira da Silva. - - São Paulo: USP / FFLCH, 2010.

v.1, 86 f. : 15 il. ; 31 cm.

Orientador: Maria Elisa Siqueira Silva

Dissertação (mestrado) – Universidade de São Paulo, FFLCH, Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, 2010.

*1. Mudanças Climáticas. 2. Geografia Física –
Dissertação. I. Silva, Maria Elisa Siqueira. II. Universidade de
São Paulo, Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas,
Programa de Pós-Graduação em Geografia Física. III. Opções
de adaptação às mudanças do clima para a bacia do rio*

Nome: Silva, Gustavo Costa Moreira da Silva

Título: Opções de Adaptação às Mudanças do Clima para a Bacia do Rio Aricanduva

Dissertação apresentada à Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo para obtenção do título de mestre em geografia Física.

Aprovado em: _____

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____ **Instituição** _____

Julgamento: _____ **Assinatura** _____

Prof. Dr. _____ **Instituição** _____

Julgamento: _____ **Assinatura** _____

Prof. Dr. _____ **Instituição** _____

Julgamento: _____ **Assinatura** _____

Dedico essa dissertação a minha mãe, minha namorada pela força e compreensão que tiveram ao longo da elaboração deste trabalho. Essa dedicação vai em especial ao meu pai que ficaria muito orgulhoso de me ver conquistando esse desafio.

Agradecimentos

A minha professora e orientadora pela compreensão e ajuda ao longo da execução desse trabalho.

Aos professores da banca examinadora que me deram uma força durante a apresentação e principalmente pelas observações e apontamentos que tanto enriqueceram o trabalho nesse final.

A minha amida de Mestrado, Giovana, pelo companheirismo e por toda ajuda que me deu durante as aulas e ao longo do trabalho.

Ao Professor Carlos A. Nobre pelos conselhos e pelo enorme apoio que me deu durante esse tempo.

Aos meus amigos que sempre me deram muita força para que isso fosse realizado.

Resumo

Como as mudanças climáticas globais vêm ocorrendo de maneira acelerada, o agravamento dos problemas característicos de regiões com grande concentração de população só tende a aumentar. Este estudo tem como objetivos secundários, a avaliação das principais vulnerabilidades existentes na Bacia Hidrológica do Rio Aricanduva e, que se agravarão com as mudanças climáticas, principalmente com respeito aos recursos hídricos, saúde humana e desastres naturais, através de avaliação interdisciplinar, envolvendo as questões sociais e ambientais que interagem na dinâmica das regiões urbanas brasileiras, chegando ao objetivo principal que é identificar as opções de adaptação em função da vulnerabilidade, propondo assim, ações privadas e políticas públicas, sem negligenciar as importantes interações entre as opções de adaptação e a mitigação. Para chegar ao resultado final foram analisadas as projeções climáticas para o Século XXI através de cinco modelos regionais para três cenários de emissões, sendo eles, o A2 (altas emissões), o B2 (baixas emissões) e o A1B (estabilização das emissões), assim como os dados climatológicos da cidade e da área da bacia para se determinar a evolução do clima. Após essas análises o objetivo foi de identificar os impactos que a região da bacia sofrer em relação às essas mudanças no clima. Para se identificar as atuais vulnerabilidades foram coletados dados socioeconômicos e ambientais, sendo dados brutos e georreferenciados que serão cruzados e identificados em gráficos, tabelas e mapas. Identificadas as áreas e setores vulneráveis da Bacia do Aricanduva, será possível analisar e expor as opções de adaptação, propondo assim, ações privadas e políticas públicas de acordo com os impactos das mudanças climáticas que agravarão essas vulnerabilidades.

Palavras-chave: I – Mudanças Climáticas; II - Vulnerabilidade; III - Adaptação; IV - Bacia do Aricanduva.

Abstract

As global climate change is occurring at an accelerated rate, the problems characteristic of regions with large concentrations of population will only grow. This study has as a secondary objective, the assessment of key vulnerabilities in the hydrological river basin Aricanduva and that will worsen with climate change, especially regarding sectors like, water resources, human health and natural disasters and through interdisciplinary assessment, involving issues social and environmental factors and interacting with the dynamics of urban Brazil, the main goal will be reached, which is to identify adaptation options depending on the vulnerability, thus proposing, private actions and public policies, without neglecting the important interactions between adaptation and mitigation options. To reach the final result were analyzed climate projections for the twenty-first century through five regional models for three emission scenarios, among them, the A2 (high emissions), B2 (low emissions) and A1B (stabilization of emissions), in addition, climatological data such as for the city and for the watershed area were analyzed either to determine the evolution of the local climate. After this analysis the objective was to identify the impacts that the basin suffer in relation to these changes in climate. To identify the actual vulnerabilities were collected socioeconomic and environmental data, with raw data and georeferenced data to be crossed and identified in charts, tables and maps. As the areas and sectors were identified as vulnerable in the Basin Aricanduva, you can analyze and present options for adaptation and propose, private actions and public policies in accordance with the impacts of climate changes that exacerbate these vulnerabilities.

Keywords: I – Climate Change; II - Vulnerability; III - Adaptation; IV - Aricanduva Water Basin

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Os custos sem adaptação	13
Figura 02 – Expansão da Área Urbana da RMSP	31
Figura 03 - Anomalias de precipitação anual (%) (a e b) e temperatura média anual (°C) (c e d) projetadas pelos modelos regionais climáticos HadRM3P (esquerda) e RegCM3 (direita), para o período 2071–2100 com relação a 1961-1990, no cenário pessimista SRES A2. As regiões em destaque indicam a RMSP e RMRJ	37
Figura 04: Diferença entre as tendências projetadas pelos modelos regionais HadRM3P (esquerda) e RegCM3 (centro) nos períodos 2071–2100 e 1961-1990, cenário SRES A2, para os índices extremos: CDD (a-c), R10mm (d-f), R95p (g-i) e RX5day (j-l)	39
Figura 05: Mesmo que a Figura 4, exceto para os índices TN90p (a-c), TN10p (d-f), TX10p (h-i) e TX90p (j-l)	40
Figura 06 – A região da Bacia Hidrográfica do Aricanduva	42
Figura 07 – Geologia da Bacia do Rio Aricanduva	43
Figura 08 – Morfologia da Bacia do Rio Aricanduva	43
Figura 09 – Uso do Solo na Bacia Hidrográfica do Aricanduva	45
Figura 10 – Pontos de alagamento ao longo da Avenida Aricanduva	49
Figura 11 – Descargas elétricas na RMSP. Fonte: Pinto e Pinto, 2008	50
Figura 12 – Temperaturas registradas no dia 03 de setembro de 1999 na região da Bacia do Aricanduva	53
Figura 13 – Áreas de riscos de alagamento e deslizamentos	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Sumário das projeções climáticas derivadas dos modelos regionais HadRM3P e RegCM3. A confiabilidade é definida na análise qualitativa das fontes	39
---	----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Análise dos eventos extremos de precipitação na cidade de São Paulo no período de 1933 a 2009, onde foram analisados os dados diários	48
--	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – A evolução do pensamento e dos conceitos sobre adaptação	56
--	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA	16
3. MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS E NO BRASIL	18
4. MODELOS CLIMÁTICOS GLOBAIS E NO BRASIL	26
5. A CIDADE DE SÃO PAULO E A EVOLUÇÃO DO CLIMA	29
6. CENÁRIOS CLIMÁTICOS PARA A CIDADE DE SÃO PAULO.....	32
7. A BACIA DO RIO ARICANDUVA	41
8. A VULNERABILIDADE NA BACIA DO RIO ARICANDUVA	46
9. OPÇÕES DE ADAPTAÇÃO PARA A BACIA DO RIO ARICANDUVA	55
9.1 CONCEITOS DE ADAPTAÇÃO	55
9.2 A ADAPTAÇÃO EM SÃO PAULO E NA BACIA DO ARICANDUVA	58
10. METODOLOGIA APLICADA	69
11. RESULTADOS E DISCUSSÕES	71
12. CONCLUSÕES	72
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
ANEXO A	82
ANEXO B	86

1. INTRODUÇÃO

A cidade de São Paulo já sofre com diversos problemas relacionados ao crescimento desordenado, como a ocupação de áreas de risco, adensamento e verticalização das regiões centrais e conseqüente impermeabilização do solo, assim como, aumento de fenômenos climáticos como a Ilha Urbana de Calor e eventos de chuvas intensas que provocam deslizamento de encostas e alagamentos em avenidas e margens de rios e córregos, outro problema grave corrente em cidades como São Paulo é a poluição do ar e seus efeitos na saúde humana.

O Estudo em apreço identificará as vulnerabilidades existentes na Bacia Hidrográfica do Aricanduva, etapa de fundamental importância para o planejamento correto das medidas e ações de adaptação à mudança do clima. Com base nas projeções climáticas e nos dados socioeconômicos e ambientais, as vulnerabilidades serão identificadas e as ações e medidas para a adaptação preventiva à mudança do clima propostas.

Para uma análise sobre impactos futuros em uma cidade complexa como São Paulo, com problemas graves ambientais e de ocupação desordenada, não se deve simplesmente analisar modelos climáticos futuros e concluir simplesmente que a cidade sofrerá com aumento do calor ou aumento das chuvas, mas essa análise tem que levar em consideração o contexto sócio-econômico, ambiental e tecnológico (Parry et al., 2001). Além da análise desses dados socioeconômicos e ambientais, a revisão de literatura sobre o clima passado e presente da RMSP é muito importante para relacionar essas mudanças também em função do crescimento da área urbana.

De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima IPCC (2007), as mudanças climáticas atingem muito mais os pobres e como essa população tende a se concentrar nas cidades, as vulnerabilidades das áreas urbanas aumentam ainda mais, aumentando ainda mais a necessidade de adaptação, mas para isso é necessário reconhecer que as mudanças climáticas são uma realidade. O IPCC (2007) aponta o significado de adaptação, como os ajustes nos sistemas, natural ou humano em resposta ao atual ou esperado

estimuli climático ou seus efeitos, que modera danos ou explora oportunidades benéficas. Vários tipos de adaptação podem ser distinguidos, incluindo adaptação antecipatória ou reativa, e adaptação autônoma e planejada. Existe, na verdade, uma gama de opções de adaptação disponíveis, mas pouco está sendo feito, embora os seres-humanos geralmente se adaptam em sua maioria (Ausubel & Langford, 1997), é essencial expandir as opções de adaptação por que isso também significa um melhor entendimento do limites e dos custos. Para cada cidade, para cada tipo de necessidade existe um custo diferente, mas a Figura 01 nos dá uma boa noção dos benefícios em se tomar ações de adaptação em relação às Mudanças Climáticas.

Figura 01. Os custos sem adaptação. Fonte: Stern Review, 2006

Embora já existam muitos estudos sobre adaptação no mundo se comparados com outros tipos de estudos na área das Mudanças Climáticas, ainda o número não parece ser ideal, o que parece pior ainda é que nem todos os estudos estão sendo colocados em prática. Na área de adaptação podemos destacar alguns estudos e políticas públicas. Em relação às cidades tomando ações de adaptação pelo mundo, podemos destacar os casos de Londres

(London, 2004), Nova York, Seattle, Tóquio, Bogotá, Milão, além de outras mais ligadas ao problema do aumento do nível do mar, como, Hanói, Cingapura e Veneza (Prasad et al, 2009). Cidades como Chicago e Nova York já criaram estratégias para as transformações dos telhados de prédios e casas em jardins (C40, 2007). Entre os programas ligados à adaptação podemos destacar o Adaptation Strategies for Climate Change in the Urban Environment (ASCCUE) ligado ao UK Climate Impacts Programme (Willows. et al. 2003) que criou estratégias para a região da cidade de Manchester na Inglaterra (Handley & Carter, 2006), sendo que pesquisadores da Universidade de Manchester possuem vários trabalhos nessa área com análise e opções (Gill et al, in press; Gwilliam et al, 2006; Lindley et al, 2006; McEvoy et al, 2006). O UNFCCC que é a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima, possui vários programas, um deles é sobre adaptação, esse programa serve como um guia para muitos outros programas de adaptação como o da cidade de Nairóbi no Quênia, além dos chamados NAPAs que significam em português, Programas Nacionais de Ações de Adaptação (UNFCCC, 2009), ainda ligado à UNFCCC existe o fundo de adaptação que financia programas em países mais pobres juntamente com o GEF (Global Environmental Facility). Outro órgão da ONU ligado à adaptação é o UN-Habitat através o programa The Cities in Climate Change Initiative (CCCI) (UN-Habitat, 2009). Alguns estudos merecem destaque como as análises para tratar do fenômeno da Ilha Urbana de Calor e das mortes relacionadas a isso que poderão diminuir com a adaptação, como em Nova York e em Boston (Rosenzweig and Solecki, 2001; Kirshen et al. 2007). Outro projeto que é considerado bem avançando sobre esse fenômeno é o do Instituto Arquitetônico do Japão (AIJ, 2007) que desenvolve estudos de contramedidas ao fenômeno. Ainda existem estudos sobre o planejamento dos recursos hídricos e desenvolvimento da infra-estrutura que exaltam a necessidade da coordenação entre as cidades que utilizam a mesma infra-estrutura e dos governantes locais também se entenderem a respeito do assunto (Rosenzweig and Solecki, 2001; Bulkeley and Betsill, 2003). O papel das instituições de pesquisa no desenvolvimento de estudos sobre adaptação também é de suma importância, nesse caso, podemos destacar o Instituto Internacional para o meio-ambiente e o desenvolvimento (IIED, sigla em inglês) do Reino Unido que desenvolve o CLACC

que provém assistência na área acadêmica aos países menos desenvolvidos a se adaptarem (Satterthwaite et al. 2007).

As evidências apresentadas nesse estudo mostram que as mudanças climáticas, sejam elas globais ou provocadas pela urbanização, estão provocando impactos cada vez mais graves, em cidades como São Paulo. A maioria desses impactos está associada às variações do clima causadas pela forma de apropriação dos recursos naturais e degradação ambiental. Os ecossistemas naturais da Terra fornecem aos seres humanos uma grande variedade de recursos comercializáveis, tais como alimentos, matéria-prima, combustíveis, bem como serviços, purificação do ar e da água; a decomposição de resíduos orgânicos; a moderação dos efeitos causados pelos períodos de cheias e secas; solos férteis e muitos outros. Embora os ecossistemas em equilíbrio naturalmente acomodem uma determinada quantidade de distúrbios, as atividades humanas depositaram forte pressão sobre estes.

De modo geral, essa degradação não respeita fronteiras administrativas, muito menos os limites de apropriação. As emissões de gás do efeito estufa e a poluição afetam todos os países e só poderão ser efetivamente enfrentadas através de esforços coletivos em diferentes níveis governamentais.

Em um mundo onde os países desenvolvidos respondem por mais de 2/3 das emissões de gases do efeito estufa, as mudanças climáticas irão ampliar a magnitude desses efeitos causados por eventos extremos associados principalmente à pobreza presente nos grandes centros urbanos de países em desenvolvimento.

Sob esta ótica, os riscos e sua magnitude dependerão da severidade, frequência, distribuição e imprevisibilidade relativa ao clima. Recentemente, a adaptação aos impactos adversos das mudanças climáticas tem sido reconhecida como área prioritária para as políticas nacionais e internacionais. O quarto relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (AR4-IPCC) enfatiza a urgência de ações e a abrangência das respostas necessárias para lidar com essa realidade.

Para que os estudos sobre adaptação sejam realmente utilizados como opções de ações privadas e políticas públicas de adaptação é preciso um nível de conhecimento do problema dos governantes locais e da sociedade, pois só assim, com a coordenação entre as duas partes que essas medidas podem ser implantadas.

Vale lembrar ainda que a discussão na comunidade científica se existe ou não essa influência antrópica nas mudanças climáticas globais ou se essas mudanças como no caso de São Paulo são provocadas pela alta e desordenada urbanização não vem ao caso aqui pois as evidências mostram que o clima está mudando sim, de forma muito rápida nas escalas locais e globais e que ações são necessárias desde já.

2. OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA

O estudo tem como objetivo principal elaborar opções de adaptação às Mudanças Climáticas para a Bacia Hidrográfica do Aricanduva, através da identificação das principais vulnerabilidades existentes e que se agravarão com os impactos dessas mudanças que já vem ocorrendo.

Esse objetivo vem expor o benefício de se tomar ações preventivas em relação a essas mudanças como imperativo de segurança e prosperidade influenciando políticas públicas de adaptação às Mudanças Climáticas. As análises terão foco sobre impactos e vulnerabilidades dessas regiões selecionadas às mudanças climáticas nos seguintes setores: saúde, qualidade do ar, recursos hídricos, desastres naturais, principalmente tempestades severas, economia, infra-estrutura, indústria, planejamento urbano-regional e o uso do solo urbano.

Dentre as diretrizes da Política Nacional sobre Mudança do Clima – PL nº 3.535/2008, destaca-se: “adotar estratégias integradas de mitigação e adaptação à mudança do clima nos níveis local, regional e nacional; e estimular e apoiar a participação dos governos federal, estadual, distrital e municipal, assim como da sociedade civil organizada e dos setores acadêmico e privado, no

desenvolvimento e implementação de políticas, planos, programas e ações relacionados à mudança do clima”.

Todas as regiões do país deverão se adaptar à mudança do clima. Como elas se adaptarão, e as opções disponíveis às pessoas e aos governos serão determinadas por diversos fatores. A natureza dos riscos associada à mudança do clima varia de acordo com as regiões, assim como a capacidade de adaptação. O desenvolvimento humano, as capacidades tecnológicas e institucionais, e os recursos financeiros desempenham um papel importante na definição dessa capacidade.

Algumas cidades do país já estão tomando medidas para mitigar e se adaptar às Mudanças Climáticas e Globais como no caso do Rio de Janeiro onde sistemas de alerta para ressacas e riscos de deslizamentos já foram desenvolvidos. Esses sistemas já levaram a reduções isoladas no número de fatalidades, mas pouco foi feito para minimizar estruturalmente esses perigos ou para identificar as relações entre mudanças climáticas e os eventos do clima. São Paulo também já está implementando leis que ajudarão na mitigação e adaptação, não só a nível municipal, mas a nível estadual também, pois está para aprovar o Plano Estadual sobre Mudanças Climáticas. Ambas as cidades são afiliados ao C40 (C40, 2008), que é um grupo das maiores cidades mundiais compromissadas a combater as Mudanças Climáticas. Podemos ainda citar a iniciativa dessas cidades que assinaram, em conjunto com outras no Brasil, uma declaração para a implementação de políticas no combate às Mudanças Climáticas, na 4ª Cúpula para Líderes Mundiais, em Montreal no ano de 2005. Assim se percebe que no Brasil, o tema mudanças climáticas já está bem difundido entre os membros da comunidade científica, entre os tomadores de decisão e até entre diversos setores da sociedade civil, o mais interessante é que na maioria dos estudos e nas propostas políticas que tratam desse assunto, não se fala muito em adaptação, se fala muito nos impactos, nas vulnerabilidades da sociedade, do meio-ambiente, na economia. O assunto mitigação entra em pauta sempre também em relação às emissões dos gases de efeito estufa, mas de acordo com o último relatório do IPCC (IPCC, 2007), o aquecimento global é inevitável, ou seja, é muito importante mitigar, mas é de extrema importância que

se comece a pensar em políticas públicas e ações da própria sociedade civil para que a população, a infra-estrutura, a economia e outros setores estejam preparados para esses impactos que já vem ocorrendo de forma lenta, não a mais dúvida se essas mudanças irão ocorrer ou não, clima já vem mudando muito desde o século passado.

Esse estudo, portanto, tem importância para o planejamento correto das medidas e ações de adaptação preventiva (IPCC, 2007) à mudança do clima.

3. MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS E NO BRASIL

O clima do planeta vem mudando de forma acelerada no último século, embora a atmosfera seja dinâmica e esteja se modificando e variando. Segundo o IPCC (2007), vem ocorrendo, desde a Revolução Industrial em 1870, um aumento na quantidade de gases do efeito estufa na atmosfera que já ultrapassam os níveis alcançados em mais de 650 mil anos, mostrando claramente a influência antrópica (com mais de 90% de intervalo de confiança) sobre essas mudanças no clima. Este mesmo relatório mostra estudos sobre essas mudanças como aquecimento da superfície do oceano, regimes de ventos, temperaturas extremas e aumento das médias continentais de temperatura podem ter influência das atividades humanas. A contribuição humana para esse aumento na concentração dos gases do efeito estufa na atmosfera é devida, principalmente, da queima de combustíveis fósseis (petróleo, carvão mineral e gás natural) e também, em menor escala, do desmatamento da cobertura vegetal do planeta para uso na agricultura e pecuária (NAE, 2005).

No início de março de 2009, cerca de 2.500 pesquisadores se reuniram em Copenhague (Dinamarca) para rever os mais recentes estudos referentes ao quadro geral de mudanças climáticas e, em linhas gerais, mostraram que a situação vem se tornando cada vez mais crítica.

No encontro os pesquisadores se uniram para alertar, mais uma vez, os responsáveis pelo processo de tomada de decisão sobre a gravidade do problema. A idéia foi atualizá-los sobre os estudos realizados desde que o IPCC (o corpo de cientistas ligados à ONU - Organização das Nações Unidas), se

reuniu pela última vez, em 2007, e divulgou seu quarto relatório de avaliação (AR4-IPCC)¹.

Como já citado esses estudos elaborados desde então vêm prevendo um futuro mais crítico ainda, no qual as mudanças climáticas ocorreriam antes do que se imaginava e de modo mais intenso. Um dos trabalhos, por exemplo, do oceanógrafo alemão Stepham Rahmstorf (2007), sugeriu que a elevação do nível do mar pode ser mais que o dobro da prevista anteriormente pelo IPCC.

Outras pesquisas mostraram que o Ártico e a Antártida estão aquecendo mais rápido do que se esperava. A conclusão é a mesma do relatório de 2007 – é necessário promover uma urgente redução das emissões de carbono da atmosfera do planeta.

Essa proposta gera impactos de ordem econômica e política, especialmente porque afeta uma das maiores indústrias do mundo: a do petróleo. Alguns setores da economia já estão começando a se adaptar e a utilizar fontes alternativas de energia. E diversos países e governos vêm adotando políticas públicas no setor energético com vistas a reduzir as emissões de gases de efeito estufa. Muito pouco, porém, perto do que precisa ser alcançado.

Essas mudanças no clima estão ocorrendo desde o último século, causando muitos impactos em escala global nos sistemas naturais e humanos, os quais podem ser identificados claramente através de um expressivo número de estudos envolvendo todos os setores da comunidade científica. O estudo publicado por Steffen et al. (2004) sintetiza que as mudanças globais vão além das mudanças climáticas e que são reais, estão acontecendo agora e de forma acelerada. A vulnerabilidade e os impactos em relação a essas mudanças em escala global podem ser explicitados através de alguns exemplos, tais como: o recuo de glaciares na região tropical andina (Francou et al., 2005) prejudicando assim disponibilidade de água e afetando o turismo; o aumento global no nível dos oceanos na última década causando impactos nas zonas costeiras (Church et

¹ 4º Relatório de Avaliação - AR4 (*Fourth Assessment Report*): O quarto relatório do IPCC, discutido em novembro de 2006, em Valência, teve seu Sumário Executivo divulgado no início de fevereiro de 2007. Este sumário apresenta dados que indicam que onze dos últimos doze anos foram os mais quentes desde que a temperatura global começou a ser medida, em 1850.

al., 2004; Holgate and Woodworth 2004; Church and White, 2006); as zonas costeiras sofrendo com o branqueamento de corais, desaparecimento de áreas de mangue e erosão de suas praias (Mimura and Nunn, 1998; Wong, 2003); mudanças em sistemas biológicos terrestres e conseqüente mudança no comportamento de espécies como reprodução adiantada de mamíferos e aves (Inouye et al., 2000; Blaustein et al., 2001; Hussell 2003; Dunn 2004; Franken and Hik 2004) e declínio em espécies de anfíbios (Alexander and Eischeid 2001; Middleton et al., 2001; Ron et al., 2003; Burrowes et al., 2004); aumento no número de extremos climáticos como a temporada recorde de ciclones tropicais no Atlântico Norte em 2005 e a observação pela primeira vez de um furacão (Catarina) no Atlântico sul em 2004 (Pezza and Simmonds, 2005), assim como, chuvas torrenciais, cheias, secas prolongadas que com freqüência são associadas aos fenômenos El Niño e La Niña (CAF, 2000) e ondas de frio e de calor; os impactos na saúde humana são muitos como o aumento de epidemias de doenças transmitidas por insetos, elevação no número de casos de doenças relacionadas a extremos climáticos e ao aumento da temperatura, principalmente em cidades grandes (Githeko and Woodward, 2003); seca que afetou em 2005 a região central e a sudoeste da Amazônia que foi associada ao aquecimento da temperatura da superfície do mar na região tropical do Atlântico norte (CPTEC, 2005); ondas de calor como na Europa em 2003 que matou mais de 35.000 pessoas (Beniston, 2004).

No Brasil, diversos sistemas e setores já são ou serão afetados pelas mudanças climáticas como os recursos hídricos, os ecossistemas naturais, saúde humana e zonas costeiras (NAE, 2005; Marengo, 2007). O país é afetado por muitas doenças de veiculação hídrica como a dengue, a malária, a cólera, a leptospirose e a diarreia e com o aumento da temperatura e aumento de extremos como cheias muitas vezes associadas ao fenômeno climático El Niño, faz o país ser extremamente vulnerável a essas doenças (Confaloniere, 2005). Esses extremos, que irão aumentar o número de ocorrências (IPCC, 2007) não são somente associados às chuvas, o Brasil sofre também com as secas prolongadas que afetam a nutrição no caso do Nordeste e na exposição prolongada à fumaça em regiões da Amazônia (Confaloniere, 2005). Impactos possíveis na saúde da população brasileira são preocupantes a partir dessas conclusões de que os

eventos extremos como secas e chuvas torrenciais com inundações aumentarão na frequência causando assim o aumento dessas doenças, essas que mudarão também o perfil geográfico de transmissão e distribuição devido a mudanças na temperatura aumentando sua área de ocorrência. As zonas costeiras no Brasil são vulneráveis ao aumento do nível do mar principalmente no Norte e Nordeste devido à declividade do fundo marinho, mas, para resumir, os impactos previstos comuns às zonas costeiras pode-se citar a erosão costeira, o saneamento básico das cidades, a intrusão salina em estuários e a intrusão salina em aquíferos, citando também os danos às construções e portos marítimos (Neves e Muehe, 2005). Os ecossistemas do Brasil, assim como, sua biodiversidade, serão muito afetados pelo aumento da temperatura devido à capacidade limitada de adaptação, com isso várias espécies do cerrado podem ser extintas (Thomas et al. 2004; Siqueira e Peterson; 2003; Miles et al. 2004) e na área central e leste da Amazônia é projetado um processo de savanização, além das condições da caatinga ficarem ainda mais áridas (Nobre et al., 2004). Existe ainda a preocupação que a área alagadiça do Pantanal se reduza provocando uma perda ainda maior de biodiversidade (Green et al., 2000). Os recursos hídricos no Brasil podem ser afetados de diversas formas como na contaminação de aquíferos, de lençóis freáticos, diminuição de chuvas em regiões que já sofrem certo estresse hídrico e aumento de chuvas em regiões já de alta pluviosidade, pois segundo IPCC (2003), os efeitos de uma determinada mudança climática podem variar de acordo com as propriedades físicas e a vegetação, assim como mudanças na cobertura terrestre de uma bacia hidrográfica, além disso, as conclusões quanto aos efeitos negativos ou positivos também variam de região para região. Ainda segundo esse mesmo estudo, em algumas áreas a elevação da temperatura poderá contribuir para declínio dos recursos hídricos dessa região com o aumento da carga poluente proveniente do escoamento superficial, transbordamento de estações de tratamento e sistemas de esgoto, ao mesmo tempo em que em outra região a contaminação pode aumentar devido à falta de chuvas e conseqüente diminuição na capacidade de diluição dos esgotos pela diminuição da vazão nos rios.

Desde que foi criada a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), no Rio/92, existe um esforço internacional para

estabelecer metas e mecanismos que promovam a estabilização das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera. Entretanto, somente as normas internacionais não são suficientes para resolver o problema. As negociações ainda são lentas, e as decisões muito genéricas e de difícil aplicação prática.

Os interesses econômicos e geopolíticos são diversificados em função das diferenças socioeconômicas entre os países. A inexistência de um sistema mundial de regulação e a falta de mecanismos de sanção tornam muitos tratados internacionais pouco eficazes. Sua aplicação depende em grande parte de acordos econômicos, subjacentes à ordem política e econômica mundial. Diante disso, faz-se ainda mais premente a aprovação de normas no âmbito dos governos nacionais e sub-nacionais com medidas de combate às causas das mudanças climáticas. Esta regulação interna pelos países pode estimular o desenvolvimento de políticas mais adequadas à nova realidade climática.

No relatório divulgado em 2007, os cientistas do IPCC estimaram que uma concentração de 500 a 550 ppm de CO₂ na atmosfera elevará a temperatura em provavelmente 3°C, o suficiente para extinguir espécies de plantas (entre elas as culturas agrícolas), derreter geleiras em montanhas e afetar o suprimento de água de milhões de pessoas, comprometendo a sobrevivência humana. No encontro de março de 2009 em Copenhague, os pesquisadores informaram ² que a capacidade de tolerância do planeta pode ser inferior a 2°C.

Na COP de 2007, em Bali (Indonésia), os participantes já tinham acordado que os países emergentes (incluindo Brasil e Índia), mesmo sem metas obrigatórias, adotariam voluntariamente medidas “mensuráveis, reportáveis e verificáveis” de redução de emissões. A adoção de metas mensuráveis, reportáveis e verificáveis (MRV) depende, entretanto, da formulação de políticas

² Os dados foram apresentados com o objetivo de conscientizar os governantes da necessidade de decisões mais efetivas no final de 2009, quando ocorre, também em Copenhague, a reunião da Conferência das Partes (COP) da Convenção do Clima da ONU. Na ocasião, representantes de 190 países vão decidir como deverão agir nos próximos anos em relação ao aquecimento global. Serão decididos os rumos do novo regime climático global. Espera-se que haja consenso para a definição de um novo acordo com metas rigorosas que sejam capazes de evitar as mudanças climáticas mais drásticas que estão previstas para as próximas décadas. O final de 2009 é considerado o prazo limite para que se defina o regime que valerá a partir de 2013 em substituição ou complementação ao Protocolo de Kyoto, cujo primeiro período de vigência expira em 2012.

públicas nos níveis nacionais e sub-nacionais, cuja discussão é objetivo principal deste documento.

A aprovação de plano nacional sobre essa matéria, cuja discussão encontra-se em curso no Congresso Nacional e no executivo federal, precisa, necessariamente, passar pela avaliação de todos os grupos interessados. Portanto se tornam pertinentes estudos que embasem o processo de tomada de decisão, visando torná-los mais próximos da realidade.

No ano de 2008 o mundo atingiu a histórica marca de mais de 50% da população mundial vivendo em cidades, isso quer dizer que aproximadamente 3.2 bilhões de pessoas se aglomeram em áreas urbanas (The World Watch Institute, 2007) e esse percentual pode chegar a 60% em 2030. Contando que mais de 80% dos brasileiros vivem em cidades, é lá que o impacto sobre o conjunto da população será sentido em maior grau. Considerando o passivo ambiental urbano e o atraso na implantação da infra-estrutura ambiental vis-à-vis o ritmo de crescimento das cidades, elas não se encontram preparadas para as Mudanças Climáticas.

Ao mesmo tempo em que o crescimento urbano intenso da segunda metade do século XX foi acompanhado por problemas agudos quanto à moradia, ao emprego, à saúde, à educação, ao transporte e, à poluição do ar e da água (Santos, 1996), para as questões relacionadas às Mudanças Climáticas, são nas cidades que soluções eficazes, como a adaptação, terão mais chance de sucesso (Martine et al, 2008), valendo ainda ressaltar que tanto a mitigação a essas mudanças, com uma economia de baixas emissões de carbono, quanto aos impactos (na saúde, nos danos à infra-estrutura e no modo de vida), têm um claro viés urbano.

O clima das cidades tem uma particularidade em relação ao clima das áreas rurais e a diferença de temperatura entre as áreas pode chegar a 10°C (Landsberg, 1981). Isso ocorre devido à grande intervenção antrópica provocada pelo planejamento desordenado, como intensa verticalização e compactação das construções, desaparecimento de áreas de vegetação provocando a impermeabilização do solo, aumento da poluição provocada pelas indústrias e

pelos veículos, entre outras (Lombardo, 1985). O modo desordenado como as áreas urbanas se desenvolvem provoca grandes transformações no clima local, como alterações na duração da incidência solar e iluminação natural; alterações no balanço energético; mudanças na direção e intensidade dos ventos provocadas também pelo adensamento das construções, formando canyons artificiais; redução da evapotranspiração e evaporação pela redução da vegetação e água disponível; aumento na temperatura do ar e, ainda, aumento da precipitação, gerada por efeitos combinados, como as características das construções e a impermeabilização do solo, provocando baixa pressão, gerando uma circulação local de massa de ar, além disso, essa impermeabilização do solo impede a absorção dessa precipitação aumentando o escoamento superficial provocando a saturação e poluição das galerias de água e dos rios causando enchentes (Rosenzweig et al. 2004; Lombardo, 1985; Landsberg, 1981). No entanto, a maior particularidade climática urbana é o fenômeno da Ilha de Calor Urbana favorecida pela diminuição das áreas verdes, substituídas pelo asfalto e pelo concreto, tendo sua intensidade dependente de fatores micro e meso-climáticos (Monteiro, 2003). Esse conjunto de alterações e os impactos no bem estar das pessoas provocou o aumento no número de estudos nessa área e a demanda da inclusão do problema Clima Urbano e de suas alterações locais no planejamento das cidades (Zanella, 2006).

Globalmente, as cidades consomem 75% da energia mundial e são responsáveis, direta ou indiretamente, por enorme porcentagem das emissões dos gases de efeito estufa que são os principais agentes das mudanças climáticas globais, paradoxalmente, os efeitos das mudanças climáticas globais afetam o clima local, ou seja, essas mudanças globais associadas aos problemas citados acima de rápida e desordenada urbanização tornam as cidades grandes como São Paulo, extremamente vulneráveis.

As regiões metropolitanas do Brasil, principalmente as maiores, ou seja, São Paulo e Rio de Janeiro, já sofrem com inúmeros problemas sociais e ambientais, como, falta de emprego, falta de condições mínimas de saneamento básico para ampla faixa da população, saúde pública inadequada, problemas de infra-estrutura urbana, ocupação irregular de áreas de morros e de alagamento.

Além disso, sofrem também com modificações do clima urbano, pois a cidade cresce de forma desordenada eliminando as áreas verdes, substituindo essas áreas por áreas de concreto e asfalto, impermeabilizando o solo e verticalizando-se, principalmente suas regiões centrais, onde esses fatores somados à concentração de energia, poluição excessiva provocada pelos carros, criam a chamada ilha urbana de calor, que consiste no aumento acentuado da temperatura nessa região da cidade em relação às temperaturas da região da periferia, pois devido a esses fatores a radiação do sol é acumulada de forma excessiva com muito pouca reflexão (Lombardo, 1985), provocando problemas para a população como doenças respiratórias, desconforto e baixo desempenho no trabalho e problemas graves para a população mais idosa. O aumento do calor provoca a formação de áreas de baixa pressão atmosférica, gerando assim uma circulação local de massa de ar elevando os níveis de precipitação causando chuvas torrenciais que provocam enchentes e deslizamentos. (Lombardo, 1985; Givoni, 1998; Rosenzweig et al., 2004). Particularmente para a cidade de São Paulo, já existem evidências de que os efeitos da urbanização induzem mudanças climáticas de grande impacto (Pereira et al., 2007), como o aumento da incidência de tempestades severas e descargas elétricas (Pinto e Pinto, 2008). A frequência e intensidade de eventos como precipitações extremas e aumento da temperatura tem se manifesta nos últimos 50 anos. Dias frios, noites frias e geadas tem se tornado menos frequentes, enquanto dias quentes, noites quentes, e ondas de calor tem aumentado o número de ocorrências (Marengo et al. 2009 a, b). Tais mudanças nos eventos extremos produzem severos impactos nas atividades humanas tais como, saúde, desenvolvimento econômico, planejamento urbano, gerenciamento de recursos hídricos, entre outros.

Um dos eventos extremos mais alarmantes para a sociedade diz respeito àqueles relacionados à precipitação intensa. Principalmente as regiões metropolitanas brasileiras como as de São Paulo (RMSP). As Mudanças Climáticas podem exacerbar os problemas, como no caso da saúde da população nas grandes cidades (Confaloniere, 2003), como a ocorrência de um maior número de doenças provocadas pela poluição do ar e poluição dos recursos hídricos, assim como, o aumento no caso de doenças provocadas por insetos vetores, pois esses poderão alcançar latitudes mais austrais do que as

abrangidas atualmente. Chuvas torrenciais que provocam alagamento e deslizamentos também poderão ficar mais freqüentes devido às mudanças climáticas (IPCC, 2007). Esses poucos exemplos acarretarão e, já acarretam em alguns casos, em milhares de vítimas todos os anos, pois milhões de pessoas vivem em comunidades precárias (favelas) localizadas em áreas de inundação de rios ou em encostas sem cobertura vegetal propícias a deslizamentos. Da mesma forma, distintos grupos estão mais expostos aos perigos das Mudanças Climáticas e com recursos diferenciados para equacioná-los (Marandola Jr. e Hogan 2006). É preciso identificar esses grupos, localizá-los no espaço urbano e dimensioná-los demográfica e socialmente para políticas públicas mais eficientes (Hogan, 2001), pois esses problemas acentuam ainda mais a vulnerabilidade da população das grandes cidades brasileiras. O enfoque da vulnerabilidade parte de uma tradição consolidada na ciência geográfica (Hogan e Marandola Jr., 2005) e permite uma dupla abordagem: a vulnerabilidade do lugar e a vulnerabilidade de grupos sociodemográficos específicos. As vulnerabilidades sociais e ambientais podem se agravar nessas grandes cidades em razão das mudanças climáticas globais (Marengo, 2007).

4. MODELOS CLIMÁTICOS E AS INCERTEZAS

Os modelos globais climáticos são usados como ferramentas para projeções de futuras mudanças do clima causadas pela emissão de gases de efeito estufa e aerossóis. Sabe-se que existe um grau de incerteza em relação ao cenário climático futuro do planeta, incerteza muito maior quando se deseja projetá-los para regiões usando modelos globais. A principal razão é a resolução espacial dos métodos empregados, que por vezes são da ordem de centenas de quilômetros, de forma que, forçantes³ de mesoescala (ex. topografias complexas, cobertura vegetal, grandes lagos e rios) e uma gama de processos físicos (ex. nuvens, processos de turbulência) com escala espacial inferior à resolução espacial da “grade” do modelo acarretam erros no decorrer da integração e, assim, limitam a possibilidade de simular/prever com exatidão satisfatória alguma variação, por exemplo, da temperatura ou precipitação, em escala regional (Zorita

³ Forçantes com diferentes resoluções espaciais e temporais possibilitam avaliar a viabilidade de um sistema de previsão com base nos prognósticos meteorológicos de escala global. Instituto Oceanográfico da USP, 1999.

and Von Storch, 1999; Menéndez et al. 2001; Nicolini et al. 2002; Misra et al., 2003; Nobre e Malagutti, 2004).

O aumento na resolução espacial é necessário para melhorar as previsões mas essa técnica não é trivial por vários fatores. Deste modo, impõe-se o desenvolvimento de técnicas de transferência da informação gerada pelos Modelos Globais de Circulação Atmosférica (MCGAs) em larga escala, para escalas menores, isto é, as chamadas técnicas de “downscaling dinâmico” utilizando Modelos Climáticos Regionais (MCR) que permitem um maior detalhamento espacial e temporal das variáveis do sistema climático em relação aos MCGAs.

Os métodos de downscaling basicamente podem ser enquadrados em duas vertentes: (a) os modelos dinâmicos regionais, que são modelos numéricos semelhantes aos MCGAs, mas com resolução mais alta, usando como condições de contorno o resultado da simulação do MCGA (McGregor et al., 1993); e (b) métodos estatísticos, na maior parte das vezes funções de transferência estatísticas entre os dados dos campos de larga escala e a variável de interesse na superfície (Wilby et al., 1998).

Uma revisão comparando vários métodos de downscaling aplicados à saída dos MCGA é visto em Wilby and Wigley (1997) e Giorgi et al. (2001). A utilização destas técnicas na América do Sul (AS) reveste-se de diversas formas e tem permitido compreender melhor o processo dinâmico e físico da atmosfera e dos oceanos, bem como suas interações com outros componentes do sistema terrestre. Como consequência, tem-se conseguido uma melhora na qualidade e na precisão das previsões de tempo e clima (Seluchi and Chou, 2001; Nicolini et al., 2002; Chou et al., 2002; Seth e Rojas 2003; Misra et al., 2003; Alves et al., 2004; Chou et al., 2004).

Os modelos HadAM3P ou Precis, RegCM3 e Eta/CPTEC são derivados do modelo global HadCM3 utilizados no downscaling pelo INPE sendo, assim regionalizados para a escala de 0,5° latitude x 0,5° longitude (50 Km de resolução) com a elaboração de mapas com as projeções futuras do clima para o Século XXI. Para esses modelos o INPE disponibiliza variáveis nas médias

mensais e diárias com valores absolutos e anomalias, sendo essas: Precipitação, Temperatura Média - Máxima – Mínima, Fluxo de Calor Latente, Fluxo de Calor Sensível, Pressão ao Nível Médio do Mar, Altura Geopotencial, Umidade Específica, Runoff (escoamento superficial), Componentes U e V, e OLR (Radiação de onda longa). Os produtos finais dessa etapa serão mapas, banco de dados e relatórios, para cada região abrangida pelo projeto, dos cenários climáticos para o período de 2071-2100 com médias mensais, anuais e sazonais, sendo as médias sazonais distribuídas de acordo com as estações do ano no Hemisfério Sul (Dezembro, Janeiro e Fevereiro; Março, Abril e Maio; Junho, Julho e Agosto; Setembro, Outubro e Novembro).

Para as projeções dos extremos climáticos foram utilizadas as simulações de dois modelos regionais climáticos processadas no projeto CREAS: RegCM3 e HadRM3P. Ambos os modelos utilizaram como condição inicial e de fronteira o modelo climático global HadAM3P. As simulações foram realizadas para um período de referência (1961-1990) estabelecido como o clima atual e para um período futuro (2071-2100), este último sendo projetado sobre um ponto de vista pessimista com relação às futuras emissões de gases de efeito estufa (IPCC SRES A2). Maiores detalhes dos modelos regionais empregados podem ser encontrados em Marengo et al. (2009 a, c).

Os índices usados para calcular os extremos climáticos são os mesmos utilizados por Frich et al. (2002), e foram contabilizados para o período de 1961-1990 e 2071-2100. São eles:

- Noites muito frias (TN10p): Número de dias no ano em que a temperatura mínima está abaixo do 10º percentil da distribuição de temperatura diária do período 1961-1990;
- Noites muito quentes (TN90p): Número de dias no ano em que a temperatura mínima está acima do 90º percentil da distribuição de temperatura diária do período 1961-1990;
- Dias muito frios (TX10p): Número de dias no ano em que a temperatura máxima está abaixo do 10º percentil da distribuição de temperatura diária do período 1961-1990;

- Dias muito quentes (TX90p): Número de dias no ano em que a temperatura máxima está acima do 90º percentil da distribuição de temperatura diária do período 1961-1990;
- Dias secos consecutivos (CDD): O número máximo de dias consecutivos no ano em que a precipitação diária é menor do que 1mm;
- Precipitação máxima em 5 dias (R5xDay): Precipitação total máxima acumulada em 5 dias consecutivos;
- Precipitação Extrema (R95p): Precipitação anual total acima do 95º percentil da distribuição de precipitação diária do período 1961-1990;
- Dias úmidos (R10mm): Número de dias no ano com precipitação acima de 10mm.

Existe uma grande discussão na comunidade científica se esse período de aquecimento global é natural ou se é de origem antrópica. Embora a maioria da comunidade científica esteja de acordo que o período de aquecimento que vem ocorrendo desde meados dos anos 1800 é de origem antrópica sendo causado pelo aumento excessivo de gases de efeito-estufa na atmosfera, onde o principal argumento é que o clima nunca mudou tanto em tão pouco na história, existem cientistas e centenas de artigos que dizem o contrário. De acordo com Singer e Avery (2008) esse período de aquecimento é natural e ocorre de forma irregular e moderada em períodos de 1500 anos e é ocasionada pelo Sol, além disso, são críticos aos modelos de circulação atmosféricas que geram os cenários futuros para mudanças no clima. Outro autor (Lomborg, 2007) cita ainda que tudo isso é uma invenção do IPCC alimentado pela mídia.

O que se deve ressaltar aqui é que a cidade de São Paulo vem sofrendo uma urbanização intensa e desordenada desde os anos 1950 e que o clima vem mudando de forma acentuada. Observando a climatologia da cidade observa-se um aumento na média da temperatura assim como no número de eventos extremos de precipitação e falta de chuva, ainda no ponto de vista climatológico, mas em escala mundial também se observa um aumento na média da temperatura global e no número de eventos extremos.

5. A CIDADE DE SÃO PAULO E A EVOLUÇÃO DO CLIMA

A cidade de São Paulo é uma das maiores do mundo com uma população estimada pelo SEMPLA (2007) em 11.091.442 habitantes, se contar a população de toda a Região Metropolitana, atingimos uma população de mais de 18 milhões de pessoas, a maior parte do município encontra-se localizado na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, onde estão inseridas três sub-bacias, sendo elas, a sub-bacia Cotia-Guarapiranga, sub-bacia Pinheiros-Pirapora e a sub-bacia Billings-Tamanduateí. Os Principais rios e córregos são o Tietê, o Pinheiros, o Tamanduateí, o Aricanduva, o Pirajussara e o Ipiranga que estendem por toda a cidade e estão totalmente degradados. O município ainda possui dois grandes reservatórios, a represa Billings e a Guarapiranga que concentram importantes áreas de mananciais já bem degradados devido ao desordenamento da ocupação de suas margens. Em relação ao número de áreas verdes, a cidade possui poucas, tendo destaque o Parque do Estado e o Parque do Ibirapuera, sem contar sua porção sul, onde existe uma população quase nula, a cidade ainda possui dentro dos seus limites municipais uma extensa área de vegetação, mas ao mesmo tempo no extremo norte da cidade, em área de encosta encontra-se o parque da Cantareira que está sendo ocupado desordenadamente degradando o meio-ambiente e colocando em risco a população que lá se encontra. Um número impressionante sobre a cidade de São Paulo é o número de sua frota de veículos que já ultrapassa os seis milhões em uma cidade que tem poucos km de linhas de metrô se comparados com cidades do mesmo tamanho. O crescimento desordenado da cidade de São Paulo causa grandes problemas sociais e ambientais.

A estrutura metropolitana de São Paulo pode ser caracterizada a partir de três princípios básicos; a acessibilidade: tecido urbano contínuo e interligado por eixos viários a partir de uma distribuição espacial radial e concêntrica, denominada estrutura radio-concêntrica; a polarização: presença de áreas caracterizadas como pólos de desenvolvimento. Ao longo do tempo, a cidade de São Paulo (principal pólo da RMSP) e o pólo industrial do ABC induziram a concentração de áreas urbanas em suas proximidades agindo como polarizadores num processo espacial economicamente vinculado a atividades

secundárias e terciárias; a urbanização extensa: ligada a um processo de expansão urbana e diferenciação social com a proliferação de “condomínios” (núcleos residenciais fechados de alto padrão) distantes do centro. Outra dimensão desse crescimento é a concentração populacional de baixa renda em assentamentos desconformes. Na maioria dos casos ocupam áreas impróprias clandestinamente, permanecendo em condições precárias e afastados do núcleo central.

A configuração espacial da RMSP teve como um dos principais fatores determinantes o sistema viário e de transportes. Este sistema sempre esteve muito atrelado à instalação e implantação da atividade industrial. As plantas industriais da década de 1950, notadamente as automobilísticas, se instalaram às margens das rodovias. Antigas fábricas, situadas nos eixos ferroviários ou nas regiões centrais da cidade de São Paulo, foram paulatinamente transferidas para novas áreas industriais acompanhadas de infra-estrutura viária.

A implantação de grandes indústrias no ABC e o elevado crescimento populacional de seus municípios alteraram a dinâmica urbana da região, de modo que o acesso e a comunicação com a capital se tornaram essenciais para o desenvolvimento das atividades econômicas.

Em 1950, como se observa na Figura 02, o município de São Paulo atingiu uma taxa de urbanização de 88%. A partir daí seu crescimento extravasou para os municípios vizinhos, que passaram a crescer a um ritmo acelerado, dando início ao processo de periferização da população em direção a localidades cada vez mais distantes da capital.

Figura 02 – Expansão da Área Urbana da R.M. de São Paulo. Emplasa, 1998

De acordo com Landsberg (1981) a urbanização também causa várias mudanças no clima dessas cidades, embora o clima global esteja mudando, a influência da urbanização também deve ser apontada.

No caso de São Paulo, notam-se mudanças significativas no ciclo anual das variáveis ao longo das últimas sete décadas, com aumento de temperatura, precipitação, insolação e diminuição da umidade relativa do ar (Pereira Filho et al, 2007), ainda, estudos recentes mostram que o número de chuvas intensas no verão também aumentaram (Pereira Filho et al, 2007). Shein (2006) mostra que a temperatura global aumentou 0,5°C a partir dos anos 70, enquanto em São Paulo, a temperatura aumentou 1,0°C (Pereira Filho et al, 2007), o que significa que a temperatura em São Paulo sofreu aumento tanto devido às mudanças globais, quanto devido às próprias mudanças locais. Essas mudanças já vêm afetando significativamente a população da cidade de São Paulo e de acordo com os cenários futuros de mudanças climáticas esses eventos se agravarão.

6. CENÁRIOS CLIMÁTICOS PARA A CIDADE DE SÃO PAULO

Os cenários climáticos para a identificação dos possíveis impactos no Município de São Paulo foram gerados por quatro modelos regionais climáticos produzidos pelo INPE em parceria com a USP pelo projeto Probio (Marengo et al, 2009) e pelo INPE em parceria com o PNUD, o órgão das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD/CPTEC), com alta resolução espacial, utilizando cenários de altas emissões de gases de efeito estufa (A2), cenários de baixas emissões (B2) e cenários de estabilização das emissões dos gases de efeito estufa para o Século XXI (IPCC, 2007). Os modelos regionais utilizados são o Precis ou HadRM3P, o RegCM3 (Marengo et al., 2009), o Eta-ECHAM e o Eta-HADCM3 (PNUD/CPTEC), que são baseados nos modelos globais publicados no relatório do IPCC. Ainda foram analisados alguns índices de extremos do modelo RegCM3 no período 2071-2100 para os cenários A2 e B2.

O IPCC implementou os SRES (Special Report on Emission Scenarios) que representam uma possível visão do desenvolvimento futuro de emissões com substâncias com potencial radiativo, como os gases do efeito estufa e aerossóis (Marengo, 2007). Esses cenários de emissões foram publicados em 2000 pelo IPCC e mostram diferentes cenários futuros de emissões, denominados A1, A2, B1 e B2, sendo os utilizados nesse trabalho os cenários, com históricos demográficos, sociais, econômicos e de mudanças-técnicas similares (Marengo, 2007), A2 de altas emissões, B2 de baixas emissões e A1B de estabilização das emissões. Para se obter projeções de futuras mudanças globais do clima, foram utilizados como ferramenta 16 modelos climáticos globais do IPCC (AOGCMs) que rodados com os cenários de emissões mostram dados sobre a precipitação e anomalias na precipitação (mm/dia) e a temperatura do ar e anomalias na temperatura do ar (C°), com projeções anuais e sazonais (verão, outono, inverno e primavera) para os “time-slices” de 2010-2040, 2041-2070 e 2071-2100 com referência à normal climatológica do período base de 1961-1990.

Como já se sabe, existe muita incerteza no futuro cenário climático da Terra e projetá-los na escala regional usando modelos globais só faz aumentar essa incerteza (Ambrizzi et al., 2007).

Os resultados obtidos através da análise desses cenários estão descrito abaixo e dá uma idéia de qual serão os impactos sofridos pela região onde se localiza o Município de São Paulo que é objeto de estudo dessa dissertação.

O primeiro modelo analisado foi o ETA-HadCM3 que foi desenvolvido pelo CPTEC em parceria com o PNUD baseado no modelo global do Reino Unido. Os cenários estão apresentados no Anexo A não mostra mudança significativa de precipitação para nenhuma estação no período de 2011-2040, mas mostra um aumento equivalente de 1 a 2°C para todas as estações do ano para a região da cidade de São Paulo. Já a nível sazonal os cenários não mostram mudança significativa na precipitação para os períodos de MAM, JJA e SON, embora mostrem um aumento de 1 a 2 mm/dia no período de verão (DJF) para o “time-slice” de 2041-2070. Ainda no Anexo A para as anomalias na temperatura para 2041-2071, é percebido uma tendência de aumento para todas as estações com destaque para o período da primavera (SON) onde a temperatura pode aumentar entre 3 e 4°C, sendo que nos outros períodos o modelo indica um aumento de 2 a 3°C. O modelo ainda mostra aumento de 1 a 2 mm/dia nos período de verão (DJF) e pouca ou nenhuma mudança nas outras estações do ano para o “time-slice” de 2070-2099. Já para as anomalias de temperatura consegue-se perceber tendências positivas significativas em todos os períodos com aumento de 3 a 4°C para os períodos de verão a inverno e de 4 a 6°C para a primavera (SON).

O projeto do CPTEC em parceria com o PNUD ainda disponibiliza diversos índices de eventos considerados extremos também expressos no Anexo A para os mesmo “time-slices” de 2010-2040, 2041-2070 e 2071-2100 com referência à normal climatológica do período base de 1961-1990. Para a dissertação foram usados os índices em que se consegue compreender melhor eventos já comuns observados na cidade de São Paulo, são esses índices, os seguintes: CDD (Número máximo de dias secos consecutivos com taxa de precipitação diária < 1 mm); R20mm (Número de dias por anos com precipitação ≥ 20 mm d-1); Rx5day (Eventos de chuva intensa durante 5 dias consecutivos); SU (Número de dias com temperatura máxima > 25°C) e por fim, o índice TR (Número de dias com temperatura mínima >20°C. Esses índices tem por finalidade indicar períodos prolongados de secas, eventos de chuvas extremas como tempestades, aumento

ou diminuição no número de noites e dias frios e quentes, ondas de calor e de frio, entre outros eventos. Analisando as figuras do Anexo A correspondentes aos extremos climáticos percebemos que no período de 2011-2040 o modelo indica que o número de dias secos não sofrerá mudanças perceptíveis, já o número de dias com ocorrência de chuvas consideradas extremas aumentará significativamente, assim como a ocorrência de chuvas intensas por 5 dias consecutivos também será positivo. Quanto ao número de dias quentes e de noites quentes também se percebe uma tendência positiva, o que diminuirá o número de noites frias na região da cidade de São Paulo. Para o período de 2041-2070 nota-se, diferentemente do período de 2011-2040, um aumento no número de dias secos e pouca mudança no número de eventos de chuva intensa por 5 dias consecutivos, já o número de ocorrência de chuvas extremas, de dias quentes e de noites quentes continuam com tendência positiva. Os eventos extremos para o final do século XXI demonstrados pelo modelo mostram uma tendência positiva para todos os índices, ou seja, um aumento no número de extremos.

O segundo modelo analisado é o ETA-ECHAM também desenvolvido pelo CPTEC em parceria com o PNUD e que é baseado no modelo global da Alemanha, esse modelo apresentado aqui demonstrará resultados para o cenário (SRES) A2 do IPCC que representa um aumento na emissão dos gases do efeito estufa, ou seja, tem uma tendência pessimista em relação aos outros dois cenários adotados pela pesquisa. Abaixo serão demonstrados os resultados das análises do modelo nos períodos analisados acima através do ETA-HadCM3, ou seja, anomalias de temperatura e de precipitação para as médias sazonais nos períodos de 2010-2040, 2041-2070 e 2070-2100 e índices de eventos extremos para os mesmo períodos. Analisando as tendências projetadas pelo modelo ETA-ECHAM para o cenário de emissões A2, mostra uma tendência negativa nas médias sazonais de precipitação com destaque para os períodos de verão (DJF) e primavera (SON) com valores de menos 2 a 4 mm/dia. Para anomalias na temperatura média observamos o aumento de 1,5 a 3,5°C para a primavera (SON) embora em todas as estações sejam observados aumento. Ainda para esse modelo existe a ocorrência da mesma tendência para todos os “time-slices” que demonstram tendência positiva na temperatura e tendência negativa na

precipitação, pode-se destacar nos dois períodos verões (DJF) mais secos e primaveras (SON) mais quentes, por exemplo, no período de 2071-2100 o modelo indica uma diminuição de 2 a 4 mm/dia no verão e um aumento da temperatura média de 3,5 a 5°C na primavera. Ainda no Anexo A foram gerados os índices no modelo ETA-ECHAM para o cenário pessimista A2 nos mesmos períodos já descritos, são os índices: CDD (Número máximo de dias secos consecutivos com taxa de precipitação diária < 1 mm); R20mm (Número de dias por anos com precipitação ≥ 20 mm d⁻¹); Rx5day (Eventos de chuva intensa durante 5 dias consecutivos); SU (Número de dias com temperatura máxima $> 25^{\circ}\text{C}$) e por fim, o índice TR (Número de dias com temperatura mínima $> 20^{\circ}\text{C}$). Essas figuras demonstram para todos os períodos de 2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100, um aumento no número de dias secos consecutivos, uma diminuição na frequência de chuvas extremas, mostra ainda um aumento no número de chuvas intensas por 5 dias consecutivos, no número de dias quentes e no número de noites quentes.

Os resultados dos dois modelos se comparados demonstram alta concordância apresentando tendência no aumento da temperatura para os dois cenários de estabilização das emissões (A1B) e de altas emissões (A2) com destaque para o período da primavera (SON) que sofrerá maior aumento da temperatura média nos dois cenários, quanto a precipitação, o cenário A1B não demonstra muita alteração nas médias sazonais, já o cenário mais pessimista mostra uma diminuição, principalmente nos períodos de verão e primavera. Quanto aos eventos extremos, os dois modelos e cenários concordam no aumento no número de dias secos, no aumento de chuvas intensas por 5 dias consecutivos, no número de dias quentes e no aumento de noites quentes, mas existe uma discrepância no índice R20mm que mostra no cenário A1B um aumento no número de dias com chuvas extremas enquanto o cenário A2 mostra uma tendência negativa nesse tipo de evento.

Após a análise dos dois modelos do projeto CPTEC/PNUD foi feita a análise dos modelos do projeto Probio de parceria INPE com a USP. Os modelos regionais analisados são o RegCM3 e o Precip (HadRM3P) para dois cenários de emissões de gases de efeito estufa, sendo eles, o A2 de altas emissões e o B2 de

baixas emissões. Ainda foram analisados alguns índices de extremos do modelo RegCM3 para os cenários A2 e B2 no período de 2071-2100.

A Figura 03 apresenta as anomalias de precipitação anual (%) e temperatura média anual (°C) projetada pelos modelos regionais climáticos HadRM3P e RegCM3, para o período 2071–2100 com relação a 1961-1990, no cenário pessimista SRES A2. As regiões em destaque indicam a RMSP e RMRJ e a figura engloba a região sudeste e não só a RMSP para que se tenha uma maior idéia de mesoescala mais compatível com a resolução dos modelos.

Analisando os campos de precipitação anual observamos que o modelo HadRM3P projeta uma redução de precipitação em todo o domínio analisado, ficando em cerca de 10 a 20% na RMSP, enquanto que o modelo RegCM3 projeta um pequeno aumento na região de aproximadamente 5-10%.

Os campos de temperatura média anual projetados no cenário pessimista para o final deste século indicam um aumento de 2 a 4 °C em todo o domínio analisado, sendo que para as regiões de estudo esses valores ficam entre 2 e 3 °C para o modelo RegCM3 e 3 a 4 °C para o modelo HadRM3P (MARENGO et al, 2009c).

Figura 03: Anomalias de precipitação anual (%) (a e b) e temperatura média anual (°C) (c e d) projetadas pelos modelos regionais climáticos HadRM3P (esquerda) e RegCM3 (direita), para o período 2071–2100 com relação a 1961-1990, no cenário pessimista SRES A2. As regiões em destaque indicam a RMSP e RMRJ. Fonte: Marengo et al, 2009

Na Figura 04 são apresentadas as tendências dos extremos de precipitação. As figuras da direita representam a concordância entre as projeções dos modelos: o valor dois (2) indica que os dois modelos concordam com um aumento da variável analisada, zero (0) indica que os modelos divergem e menos dois (-2) indica que os modelos concordam com um decréscimo da variável analisada. Para a RMSP os resultados dos modelos divergem para os índices R10mm, R95p e Rx5day, mas concordam com uma pequena redução no número de dias secos consecutivos (CDD). As tendências nos extremos de temperatura para o final do século na RMSP e adjacências são apresentadas na Figura 05.

Diferentemente dos extremos de precipitação, os modelos concordam em todas as tendências projetadas, sendo elas: aumento no número de dias quentes, diminuição no número de dias frios, aumento no número de noites quentes e diminuição no número de noites frias.

As tendências dos extremos climáticos observados e simulados no período de 1961-1990 pelos modelos regionais utilizados são apresentadas no Anexo B. Como podemos observar os índices extremos relacionados diretamente com a variável temperatura apresentam uma alta confiabilidade, pois os modelos conseguem simular satisfatoriamente os padrões observados. No entanto, a confiabilidade dos modelos em simular os índices extremos relacionados à precipitação se demonstra bastante baixa, pois os padrões observados não são bem representados.

As divergências dos modelos regionais com relação à variável precipitação se justificam pelo fato de que apesar dos avanços científicos no entendimento dos diversos sistemas atmosféricos que atuam na América do Sul, a previsão e simulação de chuvas, principalmente àquelas muito intensas ou extremas, continuam sendo um grande desafio para os meteorologistas.

Embora o aperfeiçoamento dos modelos numéricos com o tempo trouxe reduções substanciais nos erros de variáveis como vento, temperatura, pressão

ao nível médio do mar e altura geopotencial, melhorias na previsão de precipitação tem sido pequenas.

A dificuldade para um aperfeiçoamento significativo dessa variável deve-se a três fatores: primeiro, o entendimento dos processos que envolvem a precipitação ainda são bastante limitados; segundo, dados deficientes muitas vezes reduzem a acurácia das condições iniciais dos modelos; e por último, a representação dos processos precipitantes resolvidos pela grade e por aqueles sub-grade em um modelo de mesoescala continuam sendo muito difíceis de serem solucionadas.

As tendências nos índices extremos de temperatura para a RMSP, indicam um aumento no número de dias e noites quentes e uma diminuição em dias e noites frias.

A Tabela 01 apresenta um sumário das projeções climáticas derivadas dos modelos regionais. A confiabilidade definida nesta tabela é baseada na análise qualitativa dos modelos.

Tabela 01: Sumário das projeções climáticas derivadas dos modelos regionais HadRM3P e RegCM3. A confiabilidade é definida na análise qualitativa das fontes.

RMSP	Observado (1961-1990)	Simulado (1961-1990)	Cenário A2 (2071-2100)	Tendência (2071-2100)	Confiabilidade
Temperatura	Aumento	Aumento	Aumento	Aumento	Alta
Extremos de Temperatura	Aumento	Aumento	Aumento	Aumento	Alta
Precipitação	Estável	Estável	Aumento	Aumento	Baixa
Extremos de precipitação	Aumento	Redução	Aumento	Aumento	Muito baixa

Em resumo, os resultados encontrados se referem a um clima mais seco que o atual na região de estudo, com altas temperaturas diurnas e noturnas e com chuvas intensas concentradas em períodos curtos. Assim como várias cidades brasileiras, a região metropolitana de São Paulo demonstra-se vulnerável aos eventos extremos atuais, fator esse que deverá ser agravado no clima futuro.

Isso revela que medidas de adaptação tornam-se imprescindíveis e ganham novas dimensões em termos de segurança humana e desenvolvimento do país.

Figura 04: Diferença entre as tendências projetadas pelos modelos regionais HadRM3P (esquerda) e RegCM3 (centro) nos períodos 2071–2100 e 1961–1990, cenário SRES A2, para os índices extremos: CDD (a-c), R10mm (d-f), R95p (g-i) e RX5day (j-l). Fonte: Marengo et al, 2009

Figura 05: Mesmo que a Figura 4, exceto para os índices TN90p (a-c), TN10p (d-f), TX10p (h-i) e TX90p (j-l). Fonte: Marengo et al, 2009

Embora ocorram pequenas discordâncias entre os modelos, no geral verifica-se a tendência no aumento da temperatura média para todos os períodos e diminuição na distribuição das chuvas e tendência negativa na umidade relativa do ar, indicando períodos maiores de seca para a região da cidade de São Paulo, ao contrário disso, verifica-se um aumento no número de eventos extremos, como aumento no número de chuvas fortes ou tempestades e também de períodos de alta pluviosidade distribuídos em poucos dias. Observa-se também o aumento no número de dias quentes consecutivos resultantes de ondas de calor. O aumento no número de noites mais quentes tem efeito negativo na população causando mais desconforto enquanto a diminuição no número de noites frias tem efeito positivo diminuindo o número de mortes relacionadas ao frio. Com essas conclusões é possível determinar os impactos relacionados às Mudanças Climáticas que a população e o meio-ambiente sofrerão, embora já venham sofrendo com o atual estado do clima na cidade de São Paulo, mas que se agravarão com essas mudanças. Dentre os impactos mais importantes ressalta-se o aumento no número de chuvas fortes que provocam deslizamentos de encostas, alagamento de avenidas, transbordamento de rios e córregos, além de acidentes de trânsito, outro impacto é o aumento da temperatura que além de causar esses episódios de fortes convecções ainda provoca aumento do desconforto na população que devido ao modo de como a cidade foi construída aumenta o efeito do fenômeno da ilha de calor (LOMBARDO, 1985), relacionado ao aumento da temperatura e chuvas fortes que provocam alagamentos podemos citar a expansão nas áreas de distribuição de insetos-vetores de doenças como a dengue e no aumento de doenças de veiculação hídrica (CONFALONIERE, 2005). Já o aumento dos períodos de seca na cidade agravará ainda mais o problema da poluição do ar causadora de doenças respiratórias e cardiovasculares (KOVATS et al., 2005). Quem mais sofre com esses impactos são as populações mais pobres (IPCC, 2007) embora muitos impactos não se limitarão a um só nível da sociedade embora as populações mais favorecidas tem mais condições de se adaptar.

7. A BACIA DO RIO ARICANDUVA

A bacia do rio Aricanduva (Figura 06) afluente pela margem esquerda do rio Tietê, é localizada no setor leste - sudeste da cidade de São Paulo; sendo sua nascente no pico do Cruzeiro, localizado no extremo leste paulistano, no distrito de São Rafael, cerca de 30 a 40 km da Praça da Sé, próximo à divisa com Mauá, município da região do ABC Paulista, na Grande São Paulo. Sua área de drenagem é de cerca de 100 km², orientando-se na direção geral SSE-NNW, tem um eixo maior de 20 km e larguras variando entre 5 e 6 km. Tem uma extensão total de pouco mais de 20 km, desenvolvendo-se desde a cota 905 m, nas suas nascentes, até a cota 720 m na foz. A declividade do talvegue varia desde cerca de 0,025 m/m no trecho alto, a menos de 0,005 m/m nos trechos médio e baixo. Os afluentes, principalmente os da margem direita, são todos de pequena expressão, excetuando-se o ribeirão Rincão/Gamelinha, próximo à sua desembocadura. Na margem esquerda os afluentes são de porte pouco maior, destacando-se o rio Caaguassu, localizado no trecho médio do rio Aricanduva, além dos córregos do Taboão e dos Machados.

Figura 06 – A região da Bacia Hidrográfica do Aricanduva. Fonte: EMPLASA, 1998

De acordo com o DAEE (1970), verifica-se que a pluviosidade total anual média da bacia está compreendida entre 1.300 e 1.400 mm; a estação chuvosa (de outubro a março) tem um índice médio no entorno de 1.000 mm e a estação seca (de abril a setembro), um índice pouco inferior a 300 mm. Geologicamente, a Bacia do Rio Aricanduva, como se observa na Figura 07 constitui-se predominantemente por rochas do Proterozoico Superior e, em apenas cerca de 1/3 da área, por sedimentos Terciários da bacia de São Paulo (Grupo São Paulo) (EMPLASA, 1980).

Figura 07 – Geologia da Bacia do Rio Aricanduva. Fonte: EMPLASA, 1980

Geomorfologicamente como ilustrado na Figura 08, a bacia do Rio Aricanduva abrange duas Unidades Morfoesculturais principais: as porções Alta e Média da bacia situam-se na Unidade denominada *Planalto Paulistano / Alto Tietê*, pertencente ao Cinturão Orogênico do Atlântico, enquanto que o trecho Baixo situa-se na Unidade denominada *Planalto de São Paulo*, pertencente às Bacias Sedimentares Cenozóicas / Depressões Tectônicas (USP/EMPLASA/IPT, 1997).

Figura 08 – Morfologia da Bacia do Rio Aricanduva. Fonte: IPT/EMPLASA, 1980

Podemos observar ainda que as maiores declividades são encontradas perto da nascente, sendo que na média e baixa bacia os rios que drenam a área correm de forma regular e linear. A erodibilidade da bacia é alta devido a sua constituição geológica e com a ocupação irregular, desaparecimento da cobertura vegetal isso se agrava, tornando a muito vulnerável.

A ocupação populacional da bacia do rio Aricanduva é alta, sendo que abrange treze distritos do município de São Paulo com uma população superior a um milhão e quinhentos mil habitantes e com uma densidade demográfica superior a 114 hab/ha (IGBE, 2000). Um outro dado importante é o decréscimo nas Taxas de Crescimento da maioria dos distritos que abrangem a bacia demonstrando assim que essa área já atingiu seus limites de ocupação (SEMPA, 1996; SEADE,1993). Nos cursos na alta bacia do Aricanduva, ainda encontramos muitas áreas com matas remanescentes, mas que cada vez mais vão sendo ocupadas desordenadamente fazendo com essa vegetação seja removida e descobrindo o solo e causando impacto não só nas cabeceiras mas em toda a bacia devido ao processo de produção de sedimentos que é já é alto na bacia devido às suas características geológica e geomorfológicas.

A ocupação do solo pode ser observada na Figura 09, onde se destaca a existência de um grande número de favelas ocupando as margens dos rios

secundários da bacia, assim como o esgotamento da planície de alagamento do Rio Aricanduva tendo em suas margens o estrangulamento pelo sistema viário e todo tipo de construções urbanas, entre elas, residências e fábricas, podendo-se dizer que o curso médio e inferior da bacia já está totalmente ocupado. Há ainda áreas não totalmente urbanizadas, principalmente no setor sudeste (nas cabeceiras do próprio rio Aricanduva e dos principais córregos formadores – Palanque e Limoeiro); estas áreas, em processo de crescente ocupação, são ainda cobertas por vegetação dos tipos rasteira e de várzea. A partir da confluência do córrego dos Machados, nota-se claramente a tendência de expansão da urbanização para as cabeceiras, com o desenvolvimento de atividades de desmatamentos e loteamentos, resultando assim no surgimento de áreas potencialmente erodíveis. A ocupação desenvolve-se tanto nos fundos de vale, como nas encostas. Além das áreas verdes de cabeceiras mencionadas e de outras esparsas no meio das áreas urbanizadas, destaca-se outra área verde importante, quase totalmente preservada, localizada na vertente direita do curso médio do Aricanduva, e que corresponde a uma porção do denominado Parque do Carmo, com suas matas originais. Tem que se destacar, que com a exceção do Parque do Carmo e do pico São Rafael que foi incluso em 2004 como ZEPEC (Zona Especial de Preservação Cultural) no Plano Regional Estratégico das subprefeituras, não há nenhuma área protegida pelo estado ou pelo município na região da bacia.

Figura 09 – Uso do Solo na Bacia Hidrográfica do Aricanduva. Fonte: EMPLASA, 2000

O perfil econômico da população da área é o de baixa renda, sendo a atividade industrial de transformação é um dos principais indicadores da atividade econômica que vem sendo utilizados no município de São Paulo. Em quase todos os distritos a oferta de emprego é menor do que o número da população economicamente ativa, tendo como consequência, um grande deslocamento diário da população para outros distritos do município provocando um grande impacto no sistema viário da região (IBGE, 2000).

Apesar de todas as dificuldades, a região tem uma estrutura viária considerada boa com boas alternativas de transporte com várias estações de metrô e várias linhas de ônibus, já o sistema de esgoto da região, em algumas áreas pode atingir 99% de abastecimento pela rede pública tendo ainda algumas áreas onde o abastecimento só chega a 75%. A coleta de lixo não é total também sendo 90% em algumas áreas, o que provoca o depósito de lixo nas áreas dos córregos e rios, mas além disso, existem ainda, as ocupações irregulares, como as favelas, onde o saneamento básico é quase inexistente (SEMPA, 1996).

Na questão da saúde, a região sofre com um sistema deficitário com poucos hospitais e unidades de saúde equipadas, assim como no sistema educacional, o número de escolas públicas também é deficitário (SEMPLA, 1996).

8. A VULNERABILIDADE NA BACIA DO RIO ARICANDUVA

A vulnerabilidade é entendida como aquela que se origina na exposição de populações, lugares e instituições, portanto, basicamente refere-se à maior ou menor fragilidade dos assentamentos humanos a determinado fenômeno perigoso com dada severidade, devido a sua localização, área de influência ou resistência intrinsecamente ligada a diferentes condições ambientais, sociais, econômicas e políticas.

Como já visto na seção anterior, a Bacia Hidrográfica do Aricanduva possui uma população que vai além dos 1.500.000 de habitantes, sendo que sua ocupação já atingiu o nível máximo nas áreas médias e inferiores da bacia. A ação do processo extensivo de ocupação urbana agrava ainda mais a tendência erosiva natural da bacia, especialmente nas áreas das suas cabeceiras, que, além de destruir a cobertura vegetal de proteção superficial, removem os solos superficiais e expõem aos processos erosivos os solos inferiores que são mais desagregáveis e, portanto, mais facilmente carregados pelas águas. Caso não sejam tomadas medidas urgentes de proteção dessas áreas, sua ocupação resultará num inevitável aumento do assoreamento dos leitos dos cursos d'água, influenciando até o leito do próprio Rio Tietê.

As enchentes, naturais em qualquer bacia hidrográfica, se configuram como um dos problemas que mais causam prejuízos à população e às administrações públicas. Isso se deve principalmente à ocupação das várzeas, o que diminui ainda mais as áreas com vegetação, ou seja, as áreas permeáveis para o excesso de água. Outro grande problema dessa bacia é a falta de coleta de resíduos sólidos. Cerca de 1% dos domicílios da bacia (cerca de 6000) lançam o lixo diretamente nos cursos d'água, contribuindo assim para sua obstrução e assoreamento. Cerca de 16% dos domicílios dessa bacia não são atendidos pela coleta de esgoto. Isso significa que muitas famílias convivem com a situação do "esgoto a céu aberto". Outra questão que se apresenta são os aterros para

ocupações diversas, sobretudo nas várzeas. Neles são utilizados entulhos e até mesmo lixo para nivelar os terrenos. Geralmente esses aterramentos recobrem os depósitos carregados naturalmente pelos rios (aluviões), principalmente nas áreas de maior ocupação urbana e viária. Nessas áreas, o recobrimento pode ser considerável, alcançando até vários metros de espessura. Na bacia do Rio Aricanduva também existem áreas de possíveis contaminações do solo por resíduo industrial.

Todas essas características transformam a área abrangida pela bacia em altamente vulnerável às ações do clima, nessa seção observaremos quais são as principais vulnerabilidades da região para que se possa discutir as possíveis medidas de adaptação.

A bacia do Aricanduva que já sofre todo verão com enchentes, pode sofrer um aumento do número de dias com fortes chuvas até o final do século. Estudos preliminares, realizados por Marengo et al (2009 a, c), sugerem que entre 2070 e 2100 uma elevação média na temperatura da região de 2°C a 3°C poderá dobrar o número de dias com chuvas acima de 10 milímetros na capital paulista. Essa quantidade de água em um só dia tem potencial para causar enchentes e inundações muito graves na região. De acordo com a análise do Gráfico 1, o número de eventos extremos acima de 30 e 50 milímetros só vem aumentando desde a década de 1930, mas o que mais chama atenção são os eventos de 100 milímetros por dia, assim como, os eventos de 100 milímetros por 2 dias, o que significa um aumento extremo no número de enchentes na Bacia do Rio Aricanduva que devido à sua forma saturada de onde não existem mais áreas permeáveis nos cursos médios e inferiores e onde o rio Aricanduva e seus atributos se encontram completamente canalizados provocando enchentes e assim, perdas de vidas e de bens.

Gráfico 01 – Análise dos eventos extremos de precipitação na cidade de São Paulo no período de 1933 a 2009, onde foram analisados os dados diários. Fonte: IAG/USP

De acordo com dados do monitoramento do CGE (Centro de Gerenciamento de Emergências) do Município de São Paulo, o Rio Aricanduva e seus afluentes sofreram transbordo por causa de chuvas extremas por 25 vezes nos períodos de verão (chuvosos) entre os anos 2001 e 2008. Se considerarmos um evento chuvoso acima de 50 mm como um evento extremo de precipitação, só na Bacia do Aricanduva, ocorreram mais de 30 eventos diários nos períodos de chuva (Novembro a Maio) entre os anos de 2004 e 2010. Se cruzarmos os dados de transbordo do CGE com os dados diários climatológicos do IAG/USP para a região do Aricanduva observamos eventos que vão de 39,7 mm (média diária) a eventos de 83,9 mm como o que ocorreu no dia 24 de maio de 2005. Ainda cruzando os dados foi observado que os rios Tiquatira e Gamelinha (afluentes do Rio Aricanduva) também sofreram transbordo em decorrência de eventos de alta pluviosidade como o que ocorreu no dia 25 de novembro de 2006 onde choveu 75,2 mm em dois períodos curtos no mesmo dia, mas o que demonstra a vulnerabilidade da região é que um evento que pode nem ser considerado extremo como o dia 21 de abril de 2007 onde choveu 39,7 mm, foi suficiente para

causar o transbordo do Rio Aricanduva, assim como, eventos de 25 a 34,3 mm foram suficientes para transbordar os rios Tiquatira e Gamelinha.

Além das ocorrências dos transbordos, a principal avenida da região, a Aricanduva ainda sofre com diversos pontos de alagamento ao longo de sua extensão como os observados na Figura 10 abaixo, o mapa mostra mais de 23 pontos em que ocorreram alagamentos no período de dados cedidos pelo CGE (2007-2009) e que cruzados com os dados climatológicos do IAG/USP indicam também que com eventos de chuvas extremas ocorrem esses pontos prejudicando o deslocamento da população pelas vias da região.

Figura 10 – Pontos de alagamento ao longo da Avenida Aricanduva (2007-2009). Fonte: CGE, 2009.

De acordo com a tendência atual do clima da cidade e da tendência observada nos cenários climáticos para a RMSP, a área da Bacia Hidrográfica do Aricanduva é se tornará ainda mais vulnerável às chuvas torrenciais nos próximos 90 anos, pois o que a climatologia e os cenários mostram é o aumento de eventos extremos que vem ocorrendo desde 1930 como visto no gráfico acima.

Além das enchentes provocadas por esses eventos extremos, de acordo com o ilustrado na Figura 11 observa-se uma frequência maior na ocorrência de raios na região leste da cidade de São Paulo, o que pode provocar muitos danos materiais nas indústrias e moradias da área da Bacia do Aricanduva além de possíveis mortes relacionadas aos raios.

Figura 11 – Descargas elétricas na RMSP. Fonte: Pinto e Pinto, 2008

Associado as enchentes estão os problemas relacionados à poluição e assoreamento dos rios. Rios turvos, carregados de esgoto, sedimentos, lixo, produtos químicos fluem através da Bacia do Aricanduva.

Cada chuva carrega sujeira, entulhos, materiais tóxicos, entre outros elementos para rios e reservatórios. Na prática, acabam por estabelecer-se como agentes contaminadores e/ou obstáculos para o escoamento natural das chuvas.

As superfícies pavimentadas e impermeáveis, que compõe quase em sua totalidade a média e alta bacia do Aricanduva, dificultam a infiltração da água no solo, aumentando a quantidade de água (por acúmulo) e a velocidade de escoamento na superfície. A pavimentação e os bueiros mal dimensionados reduzem a infiltração devido ao escoamento acelerado provocado pelos temporais que geram vazões extremamente altas durante e imediatamente após as chuvas. Desta forma, os sistemas de drenagem urbana são prejudicados e tornam-se ineficientes.

As enchentes e inundações crescem em volume e destruição à medida que aumenta a extensão e densidade da malha urbana. Devido ao desaparecimento das margens e várzeas, a urbanização pode aumentar a taxa media anual de enchentes cerca de seis vezes (Leopold, 1968).

O clima regional e o padrão sazonal de precipitações pluviométricas; o total de várzeas e a extensão em que foram ocupadas contribuem para o grau relativo de risco de enchentes. Quanto mais rápido as águas das chuvas atingem os cursos e corpos d'água, maior será a enchente e, conseqüentemente os danos causados.

Como já citado acima, o sistema viário e o desaparecimento praticamente total das várzeas e margens devido a ocupação na região do Aricanduva compromete totalmente a capacidade de se conter as águas de forma natural.

A expansão da Região da Bacia do Aricanduva ocorreu de forma intensa sem respeitar as características geológico-geotécnicas dos terrenos, tomando um rumo em direção às áreas das cabeceiras das bacias, onde as declividades são mais acentuadas e na grande maioria dos casos o terreno é bastante suscetível a erosão. Com a urbanização as várzeas das cabeceiras da Bacia estão totalmente ameaçadas de total ocupação, embora nessa região ainda sobram espaços verdes mas que não são protegidos e como conseqüência, extremamente suscetíveis à ocupação desordenada.

Estes fatores associados foram responsáveis pela elevação dos níveis de erosão da bacia, resultando nas elevadas taxas de assoreamento dos leitos e diminuindo a profundidade das calhas dos rios.

Os poluentes do ar que são depositados sobre telhados, ruas e demais superfícies da área urbana também são transportados pelo escoamento superficial trazidos pela própria chuva. Neste último caso gases e partículas presentes na atmosfera dissolvem-se ou são arrastadas pelas águas trazidas ao solo, o que muda a noção de que a água traz pureza e limpa as áreas em que atinge, pois transportam todos esses poluentes para os rios que drenam as regiões.

De maneira geral, as fontes de material particulado se originam do setor industrial (10%), ressuspensão de partículas (25%), aerossóis secundários (25%) e veículos (40%). Para o óxido de enxofre cerca de 67% das emissões advêm da operação industrial, 16% do diesel e 15% da gasolina. Os veículos ainda são

responsáveis pela emissão de óxidos de nitrogênio, monóxido de carbono e hidrocarbonetos voláteis.

O sistema viário representa um importante depósito de fornecimento de material poluente à malha hídrica. Resíduos de desgaste da pavimentação, resíduos deixados por veículos, restos de vegetação, lixo e partículas de solo acumulam-se junto às guias e sarjetas.

Os desgastes do pavimento podem ser intensificados em função de condições meteorológicas adversas (chuvas), derrames de combustíveis ou lubrificantes e do estado de conservação. A presença de lixo e sedimentos, de maneira geral está associada à densidade de ocupação da área urbana, do movimento de pedestres e veículos, do nível dos serviços de conservação e limpeza e da educação da população (conscientização). Já os veículos que circulam nas ruas contribuem com derrames de combustíveis, lubrificantes, partículas decorrentes do desgaste de pneus, freios, ferrugem, tintas, além de outros lançamentos.

Efeitos típicos da urbanização incluem, portanto, a modificação dos canais de macro-drenagem, alterações das margens, supressão das várzeas e da vegetação ribeirinha, aumento das taxas de erosão e assoreamento, poluição por escoamento superficial e variações das características hidrológicas com o aumento de volumes e picos de vazão.

De modo geral, no seu conjunto, esses efeitos associados à ausência de um sistema de drenagem integrado aos padrões de assentamento humano acabam agravando os problemas relacionados às mudanças climáticas, produzindo impactos negativos diversos a curto e longo prazo. Em alguns anos, com aumento da intensidade e frequência de eventos climáticos extremos, as enchentes serão responsáveis por mais danos materiais do que qualquer outro fenômeno natural, como acontece na região da Bacia do Aricanduva.

Além de poluir as bacias e comprometer todo o sistema de drenagem urbana, o tráfego intenso de veículos associado à presença de extensas áreas urbanas (industrializadas) também poluem e aquecem o ar da região. A região do

Aricanduva possui indústrias embora não de maneira acentuada, mas em áreas densamente edificadas provocam o bloqueio do vento, impedindo a dispersão da poeira tóxica e do calor e no fundo dos vales onde vive a maioria da população da região acabam se tornando “poços de poluição”. Materiais impermeáveis como pedras, vidros e concreto (utilizados nas construções) absorvem o calor e o estocam durante o dia, liberando-o a noite, assim, atividades, formas e materiais urbanos e o modo como são combinados são responsáveis pela grande variação de microclimas e dos graus de poluição do ar em diferentes localidades da região metropolitana.

Na cidade de São Paulo, as inversões térmicas e a presença do fenômeno denominado ilha de calor urbano constituem sérios agravantes. Na área da Bacia do Aricanduva como se observa na Figura 12 forma-se o fenômeno da ilha de calor com pátios confinados sem vegetação.

Figura 12 – Temperaturas registradas no dia 03 de setembro de 1999 na região da Bacia do Aricanduva. Fonte: Atlas Ambiental de São Paulo.

Embora esse evento seja mais acentuado na região central das cidades, no caso de São Paulo pode ocorrer na Zona Leste com já observado na figura acima.

Nestas regiões a capacidade térmica dos edifícios e da pavimentação é maior, e menor a circulação do ar. Áreas urbanas similares quanto ao tipo de desenvolvimento e densidade presentes no entorno tendem a produzir o mesmo fenômeno, reproduzindo seus efeitos por toda a região.

Sob condições de inversão térmica, quando a atmosfera está estável e o calor não consegue se dissipar ou dispersar, o fenômeno da ilha de calor é intensificado. A forma e a intensidade da ilha de calor variam dentro da região, em respostas as mudanças climáticas anuais e sazonais. Nesse sentido, as ondas de calor provocadas pelas mudanças climáticas globais agravam o quadro geral existente na região, pois esses cenários indicam aumento no número de eventos de ondas de calor ou de número de dias quentes consecutivos se pensarmos no índice estudado.

A ilha de calor urbano pode causar várias mortes nas cidades durante os períodos de ondas de calor. Pessoas com idade avançada, e aqueles portadores de doenças crônicas como hipertensão, aterosclerose, insuficiência cardíaca congestiva, doença pulmonar obstrutiva crônica e diabetes são as mais sujeitas a morrer por excesso de calor. Crianças de baixa idade, notadamente lactantes são também alvo preferencial das ondas de calor extremo, tendo a desidratação como principal morbidade.

Cada cidade da região é composta por um mosaico de microclimas, os quais são criados pelos mesmos processos que operam na escala geral da metrópole. Os mesmos fenômenos que caracterizam o mesoclima urbano existem em menor escala e proporção por toda a região – ilhas de calor, bolsões de poluição, diferenças nos comportamentos e ações locais dos ventos.

Embora, a região do Aricanduva possua a maior parte da população residindo nas regiões de alagamento da bacia, um razoável número de pessoas já ocupa há anos as áreas de cabeceiras dos cursos d'água da bacia, ainda que não em sua totalidade. A população que vive nessa área pode sofrer com deslizamento dessas encostas, na Figura 13 podemos verificar além de verificar as áreas da bacia com tendências de deslizamentos, ainda podemos identificar com maior precisão as áreas com risco de enchentes, as quais já foram ressaltadas acima.

Figura 13 – Áreas de riscos de alagamento e deslizamentos. Fonte: IPT, 2010

Após a análise em detalhes da região e dos dados disponíveis sobre a mesma, verifica-se que existem vários níveis de vulnerabilidade para a população que nela reside e, a tendência verificada na climatologia e nos cenários futuros é a de aumentar a ocorrência de eventos extremos como alta precipitação em médias diárias, além do aumento de dias secos consecutivos e de dias quentes afetando assim mais de 1 milhão de pessoas de alguma forma ou de outra. Outro dado que chama a atenção é que não há mais como impedir essa tendência (IPCC, 2007) de forçante climática o que leva a adoção de medidas de adaptação que possam diminuir ou extinguir as vulnerabilidades encontradas.

9. OPÇÕES DE ADAPTAÇÃO PARA A BACIA DO RIO ARICANDUVA

9.1 CONCEITOS DE ADAPTAÇÃO

De acordo com SCHIPPER (2006) existe a emergência de se considerar também a adaptação nas questões das mudanças do clima. Enquanto a mitigação está focada nas causas da mudança climática, a adaptação se relaciona com suas conseqüências. Na verdade, a relação entre adaptação e mitigação é tal que, quanto mais mitigação ocorrer, menos adaptação será necessária, e vice-versa (HUQ e GRUBB, 2003).

O Quadro abaixo demonstra a evolução dos conceitos e do pensamento sobre a adaptação.

Quadro 01 – A evolução do pensamento e dos conceitos sobre adaptação

PERÍODO	FÓRUM	PRINCIPAIS QUESTÕES	ESTRATÉGIAS
Debate sobre Mudança Climática			
1960 – 1970	. Organização Meteorológica Mundial . Cientistas do Clima	. A mudança Climática é uma questão que nos deve preocupar? . Como o clima afetará as temperaturas?	Modificação do clima, monitoramento
meados de 1980 – início de 1990	. IPCC . INC . UNFCCC, COP	. Está ocorrendo mudança climática? . Como a mudança do clima afeta os ecossistemas globais e a humanidade? . Quem seria responsável pela redução de emissões?	Regime de reduções de emissões globais, atividades implementadas, implementação conjunta (JI*)
final de 1990 – início de 2000	. UNFCCC, COP . Tomadores regionais de Decisão	. Quais são os custos relativos de mitigação e adaptação ?	Planejamento de estratégias de adaptação
Reflexão sobre Adaptação			
1970 – início de 1980	. Clube de Roma . Academia	. Quais são os limites ecológicos para o desenvolvimento humano e crescimento? . Como podemos responder à mudança climática? . Que tipo de impactos os sistemas podem suportar? . Os sistemas se adaptarão automaticamente?	Adaptação individual
final de 1980	. Grupo Consultivo de GEE . IPCC	. Quais serão os impactos? . Qual a capacidade de adaptação das sociedades e dos ecossistemas? . Em quanto a capacidade de adaptação pode reduzir a necessidade de mitigação?	Adaptação dos ecossistemas
início de 1990	. IPCC . INC	. A mitigação é mais importante que a adaptação para responder à mudança climática?	UNFCCC

final de 1990	. UNFCCC, COP . Corpos de Pesquisa	. Como a política pode dar suporte à adaptação? . Quem é vulnerável à mudança do clima e por que? . A mudança do clima vai ocorrer – adaptação será necessária . Estreita relação entre adaptação e desenvolvimento	Avaliações de vulnerabilidade e impactos Política de Adaptação
início de 2000	. Programa de Desenvolvimento das Nações Unidas / GEF (<i>Global Environmental Facility</i>) . Banco Mundial e agências de doadores . Corpos de pesquisa Terceiro Relatório de Avaliação do IPCC	. De que se constitui a capacidade adaptativa? . Como a adaptação pode ser integrada aos planos existentes de desenvolvimento sustentável? . O que é preciso para priorizar a adaptação? . Como definir uma política de adaptação?	Programas políticos de desenvolvimento e projetos elaborados por doadores de agências multilaterais e bilaterais

Fonte: MILLER et al, 1997 apud SCHIPPER, 2006

Existem ainda os conceitos produzidos pelo IPCC no relatório de 2007 e que dão uma boa idéia dos tipos de adaptação que podem ser introduzidos nas áreas vulneráveis aos impactos do clima, são eles, traduzidos por Marengo et.al (2007).

- Adaptação Antecipatória – Adaptação que acontece antes de os impactos da mudança do clima serem observados. Também se refere à adaptação pró-ativa.
- Adaptação Autônoma – Adaptação que não constitui propriamente uma resposta ao estímulo climático, mas que resulta de mudanças ecológicas em sistemas naturais e de mudanças no comércio ou no bem-estar nos sistemas humanos. Também se refere à adaptação espontânea.
- Adaptação Planejada – Adaptação como resultado de uma política de decisão deliberada, baseada no medo de que determinadas condições têm mudado ou mudarão, e qual seria a ação necessária para retornar, manter, ou alcançar um estado desejável.
- Adaptação Privada – Adaptação que é iniciada e implementada por indivíduos, famílias ou companhias privadas. Adaptação privada é usualmente resultante do interesse próprio racional do ator.
- Adaptação Pública – Adaptação que é iniciada e implementada por governantes de todos os níveis. A adaptação pública é usualmente direcionada às necessidades coletivas.

- Adaptação Reativa – Adaptação que acontece após a observação dos impactos de mudança de clima.

9.2 A ADAPTAÇÃO EM SÃO PAULO E NA BACIA DO ARICANDUVA

O quarto relatório do IPCC (AR4) tem enfatizado a urgência de ações, uma vez que já se reconhece que muitos dos impactos e vulnerabilidades detectados já existem nas grandes cidades medidas de adaptação tornam-se cada vez mais necessárias para reduzir os riscos relativos às mudanças climáticas que não podem ser evitadas através de ações de mitigação.

Ao se observar os dados climatológicos cruzados com os dados socioeconômicos da região estudada fica claro a existência de vulnerabilidades e a necessidade de se tomar medidas de adaptação para a população da área.

A avaliação local e regional da vulnerabilidade às mudanças e variações do clima indicam que cada vez mais cedo medidas de adaptação em escalas apropriadas serão essenciais.

Desde 2004, sob a coordenação de Maria de Fátima Andrade (do IAG/USP), membro do IAI (Inter American Institute) for Global Change, foi criada uma rede multinacional de pesquisa com foco na avaliação e estimativa das emissões de poluentes produzidas por megacidades na América Latina denominada “South American Emissions, Megacities and Climate” (SAEMC).

O objetivo principal desta rede é investir esforços para gerar uma base de dados funcional e consolidada sobre a química da atmosfera com o registro das alterações climáticas. Portanto, trata-se de um inventário de emissões que permitirá avaliar a qualidade do ar e as características do clima regional no passado, presente e futuro com vista a auxiliar o processo de tomada de decisão (medidas de adaptação).

Dentro desta perspectiva vem sendo gerados:

- cenários sobre as emissões regionais e as mudanças no clima na América do Sul, com ênfase nos impactos causados nas megacidades;

- uma base de dados com estimativas sobre a química da atmosfera;
- uma rede de informações sobre o clima da América Latina.

A integração desta rede de informações tanto quanto de suas conexões com outras áreas de pesquisa (saúde, agricultura, avaliação de riscos e vulnerabilidades, etc.) e órgãos envolvidos (setor de energia, meio ambiente, abastecimento de água, etc.) vem sendo promovida através de simpósios, workshops e o intercâmbio de alunos e pesquisadores.

Nesse sentido, compreender como os poluentes são emitidos e como as superfícies naturais são substituídas por áreas urbanas impermeáveis (cada vez mais aquecidas), constituiu o primeiro passo para o entendimento dos impactos causados na Bacia do Rio Aricanduva.

Existem basicamente três tipos de fontes – pontual, linear e setorial. Cada uma delas caracterizada pela variedade e quantidade de poluentes produzidos e pelos possíveis padrões de dispersão. A CETESB é o órgão responsável por este tipo de monitoramento, de diferentes fontes. As fontes pontuais como as indústrias podem ser identificadas e monitoradas mais facilmente. Uma fonte linear como uma artéria de tráfego principal é medida e controlada com mais dificuldade. As quantidades de poluentes produzidos por vias expressas e rodovias podem ser estimadas, entretanto as flutuações diárias do volume de tráfego e a velocidade interferem muito, sendo mais difícil de prever do que uma fonte pontual.

As fontes lineares passam por diferentes terrenos e diferentes formas e densidades urbanas. Os poluentes se dispersam rapidamente em vias expressas elevadas, mas se acumulam em ruas rebaixadas e cercadas por edificações (ex. ruas desfiladeiros).

Uma fonte setorial é a soma de diversas fontes de poluição, que se propagam por toda a região metropolitana, difíceis de serem controladas, exceto por esforços em grande escala.

As complexidades e contradições do fluxo de ar na cidade são difíceis de serem controladas, mas deveriam ser consideradas, pois o movimento do ar pode auxiliar a dissipar os poluentes. Isso não quer dizer que o controle de emissões não deva ser mantido e intensificado. Ao contrário, a intensificação do controle de emissões deve estar associada à ação dos ventos e a hierarquização do sistema viário.

Quanto mais áspera a superfície do solo, maior a desaceleração do ar. A quantidade de obstáculos, a posição e a dimensão das aberturas, as formas urbanas (construídas) e orientações em relação à insolação determinam em quais pontos os ventos serão minimizados ou valorizados como recurso natural (Landsberg, 1981).

Ter conhecimento e controle sobre essas informações pode aumentar o conforto ambiental e conservar a energia, pois a ventilação promove a qualidade do ar e o conforto no verão. No entanto, os estudos devem considerar que os ventos frios podem provocar desconforto no inverno. Logo, a ação dos ventos em diferentes períodos do ano e estações também deve fazer parte deste contexto de superfícies poluídas e aquecidas. Deve-se buscar um equilíbrio entre ventilação e conforto nas diferentes estações.

O movimento do ar e a temperatura radiante média variam mais radicalmente entre diferentes ambientes urbanos do que a temperatura do ar e a umidade, e podem ser mais facilmente manipulados pelo projeto urbano.

Os planos urbanísticos não devem ser regidos exclusivamente por decisões do setor imobiliário. Certamente, os ganhos desse setor podem ser aumentados com aumento do conforto urbano. Os condomínios e edifícios próximos de áreas verdes não seriam os mais procurados e valorizados se o conforto ambiental não fosse reconhecido.

É necessário que estes setores imobiliários sejam alertados quanto às consequências das mudanças climáticas. Estas não estão afetando somente as camadas mais pobres da população. Afetam também uma parcela significativa de potenciais consumidores, que futuramente, diante de situações mais críticas de

poluição e aquecimento serão obrigados a deixar os locais de residência em busca de outras áreas menos insalubres.

Dentro dessa perspectiva, deve-se considerar também a adaptação dos sistemas de transporte. As ferrovias constituem uma alternativa de significativa importância para redução do número de veículos do sistema viário (incluindo o transporte de cargas que atravessa São Paulo) reduzindo a queima de combustíveis e a emissão de poluentes. Trata-se de um modo de transporte do qual se espera alto desempenho, o que significa consumo de energia baixo por pessoa transportada e transporte de grande quantidade de pessoas e bens. Nesse sentido, investimentos constantes para a ampliação das linhas de metrô e trens interurbanos deveriam ser mantidos, uma vez que transportam grandes quantidades de passageiros e reduzem o número de veículos nas ruas e avenidas.

Em países desenvolvidos, as linhas férreas sempre estiveram interligadas, sobretudo as linhas metropolitanas. Em países como China, Estados Unidos e Rússia, o transporte ferroviário é em geral direcionado para o transporte de cargas de baixo valor agregado, para fluxos concentrados (em termos de origens e destinos) e para grandes distâncias. No Brasil, este sistema de transporte nunca alcançou a representatividade obtida em outros países de grande extensão territorial.

Em detrimento do sistema ferroviário e do grande potencial hidroviário, as rodovias caracterizam-se, hoje, como a forma mais usual de movimentação de cargas, o que significa que 54% da produção de bens escoam por estradas, contra 21% em ferrovias e 17% em hidrovias, de acordo com estimativas levantadas em 1999 pelo Ministério dos Transportes.

Percebe-se um avanço bastante pequeno no sentido do aumento da participação das ferrovias na matriz de transportes brasileira. Um dos principais entraves a uma maior eficiência das operações ferroviárias continua sendo as pequenas distâncias médias percorridas, elevando os custos operacionais.

Uma solução para conciliar as pequenas distâncias percorridas pelos trens brasileiros com a necessidade de redução de caminhões que circulam em São Paulo seria a implantação de sistemas de transporte intermodais, com a criação de entrepostos localizados em pontos estratégicos fora da Região Metropolitana. Os entrepostos situados nas rodovias estariam interligados as ferrovias, que por sua vez estariam conectadas aos principais portos e aeroportos. As entregas (de produtos) dos caminhões seriam realizadas nestes entrepostos situados geograficamente entre pólos de interesses econômicos (pólos produtores, consumidores e controles alfandegários).

Redes de transporte mais eficientes deverão tirar partido, de uma forma integrada, das vantagens que cada modo de transporte apresenta, reduzindo os custos econômicos e ambientais. Portanto, devem estar simultaneamente conjugadas com políticas que invistam no adequado ordenamento territorial.

Ainda com relação às medidas de adaptação, outro aspecto importante se refere ao balanço de água no solo ou balanço hídrico. A chuva e o orvalho dependem do clima da região (interação com a atmosfera), enquanto que as demais entradas no sistema hídrico dependem do tipo de solo, relevo e da presença de vegetação.

As intervenções urbanas resultantes da impermeabilização da superfície alteram as condições de circulação da água no interior do solo, provocando soerguimento ou rebaixamento do lençol freático. Interfere também na relação água/atmosfera do solo que regula os processos de alteração química dos minerais existentes. A intensificação dos processos de solubilização e lixiviação que provocam a destruição das estruturas do solo, decorrentes da mudança do regime hídrico podem resultar em abatimentos da superfície.

Este fenômeno de larga ocorrência no município de São Paulo tem onerado a manutenção da rede viária, a Avenida Aricanduva é um bom exemplo, principalmente devido ao grande número de ocorrências de transbordo e de pontos de alagamento.

Do ponto de vista funcional, o solo exerce um importante papel atenuador das condições climáticas. Em condições naturais, uma parcela significativa da chuva que incide sobre a superfície do solo é por ele absorvida. Parte desta água é retida e o excedente percola no interior do solo. A água retida no solo é devolvida para atmosfera na forma de vapor. Este mecanismo é o grande responsável por uma menor amplitude de variação nos teores de umidade relativa do ar e na temperatura próxima a superfície. A impermeabilização neutraliza esta função do solo.

Nas áreas da média e baixa Bacia do Rio Aricanduva os efeitos dessa neutralização (causada pela impermeabilização do solo) ocorrem em diversos pontos, repercutindo no desconforto causado pelas condições climáticas extremas, com umidade relativa do ar chegando a 15% e variações diárias de temperatura que superam 12°C (registradas no ano de 2003).

A solução apresentada pela prefeitura foi a implantação de parques lineares. Esses parques, além de representarem expansão da área verde na cidade de São Paulo, contribuirão para melhorar a permeabilidade do solo, minimizando as enchentes, além de proteger os cursos d'água ainda não canalizados.

Os parques deverão reduzir as áreas de risco, evitando a construção de habitações irregulares em área de proteção permanente e ampliando a qualidade de vida das populações que vivem na região, ao disponibilizar equipamentos de lazer e contemplação.

A instalação de parques lineares é um conceito que foi incorporado no Plano Diretor Estratégico da cidade, criado pela Lei nº 13.430/2002, com o intuito de recuperar fundos de vale e cursos d'água, resgatando sua função e também como parte do sistema de drenagem urbana.

Para a região do Aricanduva a preservação efetiva da APA do Parque do Carmo é a medida de adaptação mais realista e extremamente importante, pois se trata de um conjunto de fragmentos de vegetação abrangendo praticamente toda a cabeceira do rio Aricanduva e de alguns de seus tributários. Encontrar uma outra área no médio e baixo Aricanduva é praticamente uma possibilidade nula

devido à intensa ocupação de suas margens portanto deve se investir maciçamente na região do Parque do Carmo.

Recentemente, através de estudos realizados pelo DAEE observou-se a supressão de grande quantidade de vegetação. Estima-se que a área total preservada na bacia não ultrapassa 12,4 km², ou seja, 50% da área total. Se nenhuma providência for tomada, o processo atual de ocupação desta área (implantação de loteamentos com movimentação de terra) além de alterar o comportamento hidrológico da bacia, implicará na liberação de sedimentos e resíduos de construção civil, com o conseqüente aumento das taxas de assoreamento dos corpos d'água, incluindo do próprio rio Tietê.

Segundo o DAEE esta é uma situação que pode ser controlada através de uma ação conjunta do próprio DAEE com a Prefeitura Municipal de São Paulo, utilizando instrumentos de restrição à ocupação das áreas remanescentes da bacia do Alto Tietê, tais como:

1. coibir a construção de edifícios (construções) nas proximidades de áreas de preservação permanente através de embargos das obras;
2. introduzir nos regulamentos de outorga já existentes, que caberia ao DAEE a outorga para obras civis que possam resultar em impactos sobre o regime de deflúvios superficiais na bacia;
3. implantar um Sistema de Alerta a Inundações na bacia do Rio Aricanduva;

A quantificação dos benefícios decorrentes das medidas de adaptação as mudanças climáticas parece constituir uma alternativa extremamente necessária para a viabilização de ações.

As questões relativas aos benefícios decorrentes da redução nos índices de doenças e mortalidade, melhoria das condições climáticas, impactos positivos na paisagem, entre outros, são de difícil quantificação. Entretanto, alternativas para sua viabilização e avaliação devem ser identificadas.

Uma das abordagens adotadas refere-se à quantificação dos danos evitados quanto aos aspectos de bens, propriedades, equipamentos, produção,

paralisação do processo produtivo, atrasos nos deslocamentos e demais prejuízos.

Outros danos afetam a população de modo geral, através de sobrecarga no sistema viário, equipamentos públicos (ex. hospitais, emergências), comércio e serviços.

Recentemente, uma experiência deste tipo foi realizada pelo DAEE, onde a quantificação dos benefícios decorrentes da implantação de obras de drenagem urbana constituiu uma das atividades dentro do planejamento de ações. A definição dos benefícios monetários do controle de inundações realizada pelo DAEE se refere a uma simulação do “mercado” de controle de enchentes na Região Metropolitana de São Paulo. Em áreas de grande circulação de veículos foram considerados os custos de interrupção ou atraso no tráfego causado pelas inundações. Devido à redução na velocidade média, em geral, triplicam-se os custos normais de operação dos veículos. Para veículos particulares os valores variam de R\$ 0,26/Km a 0,78/Km. No caso de caminhões de R\$ 1,50/Km para R\$ 3,00/Km.

O tempo médio perdido pelos passageiros e motorista - considerando que a média de 1,5 passageiros por veículo e 50 passageiros por ônibus - durante interrupções de tráfego causadas pelas inundações corresponde a três horas e estima-se que corresponda a: R\$ 6,00/h/passageiro (veículos particulares) e R\$ 2,00/h/passageiro (ônibus e caminhões).

O DAEE também considerou as estimativas dos benefícios, tendo como base: a área afetada (Km^2), altura da lâmina de inundação (cm), frequência do evento (vezes/ano), custos de manutenção (R\$) e custos de interrupção do tráfego (R\$). Para a bacia do Aricanduva o benefício total seria de R\$ 20.833.544,10 (DAEE, 2009).

Outro problema, mas que não afeta um grande número da população se comparado com as enchentes é o deslizamento de encostas, o que deve ser feito para tirar essa parcela da população do risco é o controle das matas nas nascentes, remoção das pessoas em áreas de alto risco, no entanto isso só

poderá ser concretizado com a adoção de diretrizes públicas que facilitem a implantação de políticas de adaptação.

O processo para adaptação as mudanças se inicia com a tomada de consciência do risco ambiental, tecnológico e social que se projeta no futuro. Somente com uma população consciente desses riscos será possível o debate transparente e participativo sobre as alternativas para mitigá-los.

É fundamental construir o espaço de negociação capaz de envolver os setores públicos e privados, como também o terceiro setor, na construção de uma política metropolitana de enfrentamento dos efeitos das mudanças climáticas, que se manifeste em programas de curto, médio e longo prazo e que se concretize em projetos alternativos de uso e ocupação do território.

É necessário iniciar um processo permanente de avaliação ambiental estratégica e constante monitoramento, que indique vias (ou meios) de desenvolvimento limpo/sustentável para a região metropolitana do São Paulo no século XXI.

Sendo assim, algumas opções foram sugeridas:

O conhecimento sobre as mudanças climáticas seus impactos e conseqüente vulnerabilidade da população tem que ser obrigatório quando os tomadores de decisão pensam em qualquer tipo de política pública, com a ampliação da capacidade de observação sistemática e modelagem climática e a geração e divulgação de informações para o processo de tomada de decisões, assim como a implantação de uma rede de monitoramento climático cobrindo a Região Metropolitana de São Paulo. A avaliação dos impactos das mudanças climáticas sobre a saúde humana são grandes como já foi visto principalmente devido às doenças de origem hídrica e de origem respiratória, promovendo medidas para redução ou prevenção desses impactos. Outra medida importante é a formatação de um banco de dados climáticos, incorporando informações históricas bem como os registros a serem gerados pela rede de monitoramento da região, e nesse âmbito acadêmico promover o desenvolvimento de estudos sobre clima urbano nas universidades e instituições de pesquisa para o planejamento urbano e

regional considerando a eficiência climática da região em diferentes períodos do ano.

Com relação às emissões e práticas limpas, os tomadores de decisão devem incentivar o estabelecimento de práticas visando promover a eficiência energética em todos os setores e regiões, incluindo a definição de padrões mínimos de eficiência energética para produtos e processos além de investimento em capacitação e aparelhamento para fiscalização e punição de atividades emissoras de GEE (Gases do efeito estufa).

No caso dos problemas de enchentes a prefeitura poderia implementar o Plano de Macrodrenagem da bacia do Alto Tietê, da qual a Bacia do Aricanduva está inserida, como a implementação de mais parques e manutenção e conservação dos já existentes.

No âmbito da temperatura, os tomadores de decisão deveriam aplicar recursos vinculados destinados à pesquisa científica no estudo das causas e consequências do aumento de temperatura na região, bem como em pesquisa tecnológica visando a busca de alternativas para a redução da poluição atmosférica, poluição dos corpos d'água e do solo, elaboração de modelos hidrológicos, ou seja, estudos voltados a adaptação da sociedade às mudanças do clima.

Os resíduos sólidos são uns dos principais problemas para a região do Aricanduva pois, o lixo jogado irregularmente polui os rios, as encostas só para citar dois exemplos, nesse caso, a criação de programas de incentivo fiscal visando minimizar a geração de resíduos urbanos, esgotos domésticos e efluentes industriais, além do planejamento para implantação de novos lixões e manutenção dos já existentes e remoção da população que mora no entorno, além de programas de implementação efetiva de coleta seletiva, reciclagem e reuso de resíduos em todos os municípios da região poderia ajudar esse problema. O que mais promoveriam essas políticas seria a conscientização da população sobre os problemas.

Para que a população tem a informação sobre essas diretrizes o poder público local deve publicar um Plano de Ação Integrado para implementação de objetivos comuns (órgãos e setores da sociedade) visando minimizar os impactos das mudanças climáticas, a ser elaborado pelas instituições técnicas responsáveis com a participação da sociedade civil através de discussões em fóruns e plenárias, além disso, seria de muita utilidade, a publicação de um documento de comunicação contendo informações sobre as medidas executadas para reduzir e permitir adaptação à mudança do clima, utilizando metodologias nacionais ou internacionalmente aceitas, devidamente adaptadas à realidade brasileira, quando couber. Este inventário seria utilizado como instrumento de acompanhamento de possíveis interferências no sistema urbano/ambiental através do planejamento das ações e políticas de governo, destinadas à implementação dos programas locais integrados relativos às mudanças.

Através de uma ação conjunta, o DAEE, Defesa Civil e as Prefeituras Municipais da região deverão ser criados instrumentos de restrição à impermeabilização das áreas urbanas, tais como:

1. coibir a construção de edifícios (novas construções) em áreas com declividade acentuada e de preservação permanente através do controle de alvarás e licenças; embargos de obras; bem como incentivos fiscais para quem respeitar as regras ao longo dos anos de ocupação (redução progressiva do IPTU);
2. introduzir nos regulamentos de outorga já existentes, que caberia ao DAEE a outorga para obras civis que possam resultar em impactos sobre o regime de deflúvios superficiais na bacia;
3. implantar um de Sistema de Alerta a Enchentes, Inundações e Deslizamentos na bacia do Alto Tietê, envolvendo a população, a defesa civil e órgãos competentes.

Uma das diretrizes mais importantes aos tomadores de decisão é a da quantificação dessas medidas de adaptação, pois promover políticas e implantá-las custa dinheiro e assim, antes de qualquer planejamento, um estudo sobre os custos de adaptação para determinada área é de extrema importância.

Como pode se observar, nada poderá ser feito sem a conscientização dos tomadores de decisão e dos membros da sociedade civil.

10. METODOLOGIA APLICADA

Para a primeira etapa do estudo foi realizada a elaboração dos cenários de climas futuros no Século XXI (na forma de mapas, banco de dados e relatórios) para três cenários de emissão de gases do efeito estufa (SRES), A2 (alta), B2 (baixa) e A1B (estabilização) do IPCC (2007) com cenários climáticos para três períodos de 30 anos (2010-2040; 2041-2070; 2071-2100) com médias mensais, anuais e sazonais, sendo as médias sazonais distribuídas de acordo com as estações do ano no Hemisfério Sul (Dezembro, Janeiro e Fevereiro; Março, Abril e Maio; Junho, Julho e Agosto; Setembro, Outubro e Novembro).

Foram utilizados os modelos regionais HadRM3P ou Precis e RegCM3 derivados do modelo global HadCM3 utilizados no “downscaling” pelo CPTEC e essa regionalização foi feita para escala de $0,5^\circ$ latitude x $0,5^\circ$ longitude (50 Km de resolução) com a elaboração de mapas com as projeções futuras do clima para o Século XXI (Marengo, 2007; Ambrizzi, 2007). Para esses modelos foram disponibilizados variáveis nas médias mensais e diárias com valores absolutos e anomalias, sendo essas: Precipitação, Temperatura Média - Máxima – Mínima e Umidade Específica. Além desses modelos também foram disponibilizados dados de índices extremos do modelo regional RegCM3 também derivado do modelo global HadCM3 em conjunto com o HadRM3P. Desses modelos os dados foram cedidos, mas no seu domínio total que é a América do Sul, para que fossem criados os mapas com esses cenários em que se destacasse a Região Metropolitana de São Paulo foi utilizado o software Spring e assim elaborados mapas nas variáveis mencionadas acima, mas para esses modelos só foram feitos os “downscaling” para o “time-slice” de 2070-2100 (Marengo, 2007). Para complementar esses dados com uma visão mais geral do século XXI foram adquiridos os cenários dos modelos regionais Eta/HadCM3 derivado do modelo HadCM3 e o Eta/ECHAM derivado do modelo global ECHAM. Esses modelos possuem dados nos três “time-slices” mencionados, 2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100, onde o modelo Eta/HadCM3 tem resultados para o cenário A1B (estabilização das emissões) enquanto o modelo Eta/ECHAM tem resultados para o cenário A2 (aumento nas emissões). As variáveis disponíveis e utilizadas nesses modelos foram as de temperatura média, precipitação, além de índices de

extremos, como número de dias secos, números de dias com chuvas extremas, dias quentes e noites quentes, entre outros. Todos os modelos utilizados no estudo possuem período base de 1960-1990. Com a análise desses cenários futuros, serão identificados os impactos que a cidade de São Paulo sofrerá com essas mudanças no clima.

Na segunda etapa foram feitas análises da evolução do clima na cidade de São Paulo e foram observados os índices de pluviosidade no período compreendido entre 1933 a 2009 para a cidade de São Paulo e de 2004 a 2009 para a região da Bacia Hidrográfica do Aricanduva. Na terceira etapa para que fossem identificadas as vulnerabilidades da área estudada foram coletados os dados socioeconômicos e ambientais do Município de São Paulo fundamentais para avaliação das vulnerabilidades atuais e que se agravarão com os impactos relacionados às mudanças climáticas. Entre os dados adquiridos estão indicadores socioeconômicos, como, demografia, renda, educação, habitação, IDH, cultura, saneamento, dados de saúde pública, recursos hídricos, poluição urbana, infra-estrutura, uso do solo, dados de crescimento da cidade (número de habitantes, residências, áreas ocupadas, índice de área verde, verticalização, topografia, entre outros. Esses dados foram adquiridos em diversos formatos, georreferenciados e brutos, além de extensa revisão bibliográfica.

Para se determinar as vulnerabilidades da Bacia do Rio Aricanduva foi realizado na terceira etapa o cruzamento dessas informações, ou seja, os dados georreferenciados e dados brutos foram analisados utilizando as técnicas de Sistema de Informações Geográficas (SIG) com o software Spring, além de gráficos e tabelas que também foram elaborados para essa identificação.

A partir das informações obtidas nas etapas anteriores, serão destacadas as vulnerabilidades que serão cruzadas com os impactos identificados através da avaliação dos cenários e assim identificar as áreas/sistemas/setores que necessitarão de possíveis medidas de adaptação.

Com as vulnerabilidades da área identificadas e analisadas, a última etapa do estudo visa às opções de adaptação.

As opções de adaptação serão analisadas e relacionadas às vulnerabilidades identificadas para cada área/sistema/setor, sendo que isso será realizado através de extensa revisão bibliográfica e de extensa pesquisa em opções de adaptação já bem sucedidas no diversos setores equivalentes aos vulneráveis na área da Bacia Hidrográfica do Aricanduva. Através desses resultados foram propostas ações e políticas públicas para adaptação às mudanças climáticas

11.RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através das análises foi possível identificar que a Cidade de São Paulo como um todo já sofre com a mudança brusca no seu clima que vem ocorrendo a menos de um século, se somarmos as mudanças do clima no contexto global, essas mudanças podem se exacerbar ainda mais.

Com a rápida e desordenada urbanização, a cidade de São Paulo sofre com vários problemas de cunho social e econômico. Com essa tendência do clima atual e futuro foi possível identificar os impactos que vem ocorrendo em São Paulo, mas com ênfase na região da Bacia do Aricanduva. Esses impactos afetam diretamente mais de um milhão e meio de pessoas através de alagamentos, deslizamentos e problemas com temperaturas altas e de baixa umidade que provocam doenças.

Foi observado que o clima de São Paulo já vem mudando com o aumento no número de eventos extremos de pluviosidade com episódios chegando a 100 mm, afetando diretamente os rios com suas margens saturadas por avenidas e residências e sem impermeabilização como é o caso da Avenida Aricanduva que não só sofre com o transbordo do Rio Aricanduva, mas com pontos constantes de alagamento que provocam intenso tráfego de automóveis afetando o deslocamento da população. Particularmente na região da Bacia do Aricanduva a principal vulnerabilidade encontrada e onde reside a maior parte da população da área é a da população afetada pelas enchentes, pois as ocorrências só no período entre os anos de 2001 e 2009 foram 25 em que o Rio Aricanduva transbordou, sem contar dois de seus principais afluentes, o Tiquatira e o Gamelinha também sofrem com episódios constantes. A população de favelas é a mais vulnerável por si só, no entanto se observarmos a localização dessas

comunidades verificamos que elas se tornam ainda mais vulneráveis, pois mais de 90% da população de favelas vivendo na região da Bacia do Aricanduva ocupa as áreas de margens dos rios e córregos e as áreas com risco de deslizamento nas encostas próximas às nascentes da Bacia.

Com a análise dos dados climatológicos e dos cenários futuros para o clima da cidade se observa uma tendência a todos esses problemas se agravarem e para isso foram estudadas as opções de adaptação para lidar com essas vulnerabilidades encontradas na Bacia do Rio Aricanduva.

Após a explicitação das diretrizes para a adaptação percebe-se que nada poderá ser implantado sem a conscientização. Primeiro quem deve se conscientizar dos problemas são os políticos em todas as escalas de poder, desde o federal chegando aos atores locais, como os vereadores, prefeitos e sub-prefeitos. Segundo, a sociedade civil organizada através de ONGs e outros tipos de organizações. Em último lugar, deve ser maciço o volume de informação passado à população em geral para que a princípio se conscientize do problema sabendo que ele já existe e que é preciso tomar atitudes, além disso, para que essa população entenda as políticas sobre adaptação e o mais importante, que possa cobrar desses tomadores de decisão se essas ações estão sendo implantadas e se já implantadas, se estão sendo executadas de forma correta.

12. CONCLUSÕES

Com esse estudo foi possível identificar a dimensão do problema existente na região da Bacia Hidrográfica do Rio Aricanduva, não bastasse a os problemas sócio-econômicos resultantes da rápida e desordenada urbanização, a região sofre, muito em consequência disso, com os extremos climáticos de um clima que já vem mudando há algum tempo no âmbito global mas principalmente no âmbito regional como foi observado nas análises climatológicas. Se essas mudanças rápidas que vem ocorrendo na cidade de São Paulo são fruto da alta emissão de gases do efeito estufa em escala global desde meados dos anos 1800 ou se essa mudança é só fruto da intensa urbanização da cidade não podemos afirmar com precisão, mas que uma coisa influencia a outra, isso sim podemos afirmar. Foi observado através dos cenários que o clima da região sudeste vai sofrer mais

mudanças e que vão seguir as tendências já observadas na climatologia da cidade, ou seja, aumento nas ondas de calor e na temperatura média, aumento no número de dias secos consecutivos, além de aumento no número de eventos com alta precipitação. Essas tendências são causadoras de muitos impactos deixando a população das cidades muito vulneráveis. O objeto de estudo, ou seja, a Bacia Hidrográfica do Aricanduva como foi analisado, é muito vulnerável à esses extremos climáticos, o que afeta uma população de mais de um milhão e quinhentas mil pessoas de forma direta como alagamentos em residências, deslizamentos de encostas, doenças respiratórias devido ao clima seco que agrava a poluição, congestionamentos causados por pontos de alagamento e esses problemas trazem perdas econômicas e até de vidas.

Segundo o IPCC e através dos dados que temos observado, essas mudanças no clima não vão cessar nos próximos, a tendência é de piorar a situação, com isso, a forma de agir agora não é mais mitigando os problemas e sim se adaptar a eles, mas para isso não basta a população criar maneiras de se adaptar, não dá pra ficar sozinho nisso, o que será preciso principalmente é o comprometimento dos governantes e dos formuladores de políticas para que diretrizes sejam tomadas quanto as adaptações, será preciso um maior planejamento e uma legislação que limite o crescimento desordenado evitando que pessoas se coloquem em situação de risco e as que já estão sejam removidas dessas situação, não removidas de suas casas ou de seu bairro, embora isso as vezes seja a melhor solução, mas que sejam feitas medidas para que essas pessoas se adaptem à essas vulnerabilidades e que saiam da situação de risco.

Portanto para que essas vulnerabilidades ao clima sejam extintas será necessária a conscientização de que o problema já está aqui nos afetando e que ações preventivas ou emergenciais sejam tomadas e para isso, como já foi citado, é necessário mostrar aos tomadores de decisão e aos principais atores da sociedade civil organizada de que é necessário tomar ações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIJ. Urban Heat Island Countermeasures. <<http://news-sv.aij.or.jp/tkankyo/s3/>>. Acesso em 20 de janeiro de 2007

AMBRIZZI, T., Rocha, R., Marengo J, A. I. Pisnitchenko, L. Alves, Fernandez, J. P. 2007: Cenários regionalizados de clima no Brasil para o Século XXI: Projeções de clima usando três modelos regionais. Relatório 3, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA, SECRETARIA DE BIODIVERSIDADE E FLORESTAS –SBF, DIRETORIA DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE – DCBio Mudanças Climáticas Globais e Efeitos sobre a Biodiversidade - Sub projeto: Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI. Brasília, Fevereiro 2007.

ALEXANDER, M. A. and J. K. Eischeid 2001: Climate variability in regions of amphibian declines. *Conservation Biology* 15(4): 930-942.

ALVES, L. M.; Chou, S. C.; Marengo, J. A. 2004: Avaliação das previsões de chuvas sazonais do modelo Eta/CPTEC climático sobre o Brasil. Proc. XIII Cong. Bras. de Meteorologia, Fortaleza, Brasil, (in CD-ROM), 2004.

AUSUBEL, J. and H.D. Langford, Eds., 1997: Technological Trajectories and the Human Environment. National Academy of Sciences, Washington District of Columbia, 214 pp.

BENISTON, M., 2004: The 2003 heat wave in Europe: A shape of things to come? *Geophys. Res. Letters*, 31, L02202

BLAUSTEIN, A. R., L. K. Belden, D. H. Olson, D. M. Green, T. L. Root and J. M. Kiesecker 2001: Amphibian breeding and climate change. *Conservation Biology* 15(6): 1804.

BULKELEY, H., and M.M. Betsill, 2003: Cities and Climate Change: Urban Sustainability and Global Environmental Governance. Routledge, New York, 237 pp.

BURROWES, P. A., R. L. Joglar and D. E. Green 2004: Potential causes for amphibian declines in Puerto Rico. *Herpetologica* 60(2): 141-154.

CAF. 2000. Las Lecciones de El Niño. Perú. Memorias del Fenómeno El Niño 1997-1998. Retos y Propuestas para la Región Andina. Caracas: Ex Libris.

CHOU, S. C.; Bustamante, J. F.; Gomes, J. L. 2004: Previsões sazonais utilizando o modelo Eta/CPTEC sobre América do Sul. Proc. XIII Cong. Bras. de Meteorologia, Fortaleza, Brasil, (in CD-ROM), 2004.

CHOU, S. C.; Tanajura, C. A. S.; Xue, Y.; Nobre, C. A. 2002: Validation of the coupled Eta/CPTEC/SSiB model over South America. *Journal Geophysical Research*, v. 107, n. D20, p. doi:10.1029/2000JD000270, Oct. 2002. 34, 37.

CHURCH, J. A. and N. J. White 2006: A 20th century acceleration in global sea-level rise. *Geophysical Research Letters* 33(1).

CHURCH, J. A., N. J. White, R. Coleman, K. Lambeck and J. X. Mitrovica 2004: Estimates of the regional distribution of sea level rise over the 1950-2000 period. *Journal Of Climate* (13): 2609-2625.

CONFALONIERE, U.E.C. Variabilidade climática, vulnerabilidade social e saúde no Brasil. *Revista Terra Livre*, São paulo, ano 19, v.1, n.20, p.193 – 204, 2003.

CONFALONIERE. U. 2005. Mudanças Climáticas e Saúde Humana. In: NAE 2005: Mudança de Clima, Vol. I: Negociações internacionais sobre a mudança de clima; vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança de clima. Cadernos NAE, Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, NAE-SECOM 2005. Brasília. 166 pp.

C40. <<http://www.c40cities.org>>acesso realizado 01 de setembro de 2008. 2008

CPTEC, 2005. CPTEC Explica o Fenômeno da Seca na Amazônia. Disponível em:<http://agenciaact.mct.gov.br/index.php?action=/content/view&cod_objeto=30350>

DAEE. Departamento de Águas e Energia Elétrica. Atlas Pluviométrico do Estado de São Paulo. Período 1941-1970. 1972

DAEE - Plano de Macrodrenagem da Bacia do Alto Tietê (2008/09)

DUNN, P. 2004. Breeding dates and reproductive performance. *Birds And Climate Change*. 35: 69-87.

EMPLASA. Carta Geológica da Região Metropolitana de São Paulo. Escala 1: 100.000. 1980

FRANCOU, B., P. Ribstein, P. Wagnon, E. Ramirez and B. Pouyaud, Eds.:2005. *Glaciers of the Tropical Andes, indicators of the global climate variability. Global Change and Mountain Regions: A State of Knowledge Overview*, Springer.

FRANKEN, R. J. and D. S. Hik 2004: Interannual variation in timing of parturition and growth of collared pikas (*Ochotona collaris*) in the southwest Yukon. *Integrative and Comparative Biology* 44(2): 186.

GITHEKO, A. and A. Woodward 2003. International consensus on the science of climate and health: the IPCC third assessment report.

GILL, S., Handley, J., Ennos, R. and Pauleit, S. (in press). Adapting cities for climate change: the role of the green infrastructure. *Built Environment*. 30(1), 97-115.

GIORGI, F., B. Hewitson, J. Christensen, C. Fu, R. Jones, M. Hulme, L. Mearns, H. Von Storch and P. Whetton. 2001: Regional climate information - evaluation and projections. In IPCC WG1 TAR, 2001.

GIVONI, B. *Climate Considerations in Building and Urban Design*. John Wiley & Sons, INC, 464p, 1998.

GREEN, R., Harley, M., Spalding, M., Zöckler, C. 2000. Impacts of climate change on wildlife. Published by the RSPB on behalf of English Nature, WWF-UK, UNEP World Conservation Monitoring Centre and the Royal Society for the Protection of Birds.

GWILLIAM, M. Fedeski, N. Theuray, S. Lindley and J. Handley. *Methods for assessing risk from climate hazards in urban areas* Municipal Engineer: 2006. 159, No. 4.

HANDLEY, J and Carter, J. *Adaptation Strategies for Climate Change in the Urban Environment*. Draft final report to the National Steering Group. University of Manchester. 2006

HOGAN, D.J. Demographic aspects of global environmental change: What is Brazil's contribution? Pp 15-41 in D.J. Hogan e M.T. Tolmasquim (eds.), *Human Dimensions of Global Environmental Change*. Rio de Janeiro, Academia Brasileira de Ciências, 2001.

HOGAN, D.J.; MARANDOLA JR, E. Toward an interdisciplinary conceptualisation of vulnerability. *Population, Space and Place* 11, 455-471, 2005.

HOLGATE, S. J. and P. L. Woodworth 2004: Evidence for enhanced coastal sea level rise during the 1990s. *Geophysical Research Letters* 31(7).

HUQ, S., GRUBB, M. "Scientific assessment of the inter-relationships of Mitigation and Adaptation", August 2003

HUSSELL, D. J. T. 2003: Climate change, spring temperatures, and timing of breeding of tree swallows (*Tachycineta bicolor*) in southern Ontario. *Auk* 120(3): 607-618.

IBGE. *Censo Demográfico*. Brasília: 2000

INOUE, D. W., B. Barr, K. B. Armitage and B. D. Inouye 2000: Climate change is affecting altitudinal migrants and hibernating species. *Proceedings Of The National Academy Of Sciences Of The United States Of America* 97(4): 1630.

IPCC, 2007. Climate Change 2007: The Physical Basis. Summary for Policymakers. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.< Available in www.ipcc.ch.>

IPCC, 2007: Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976pp.

IPCC, 2007: Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976pp.

IPCC, 2007: Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Glossary, p.869.

KIRSHEN, P.H.,M.R. Ruth andW.Anderson, 2007: Interdependencies of urban climate change impacts and adaptation strategies: a case study of Metropolitan Boston, USA. Climatic Change, doi: 10.1007/s10584-007-9252-5.

KOVATS, R.S., S.J. Edwards, D. Charron, J. Cowden, R.M. D'Souza, K.L. Ebi, C. Gauci, P. Gerner-Smidt, S. Hajat, S. Hales, G.H. Pezzi, B. Kriz, K. Kutsar, P. McKeown, K.Mellou, B.Menne, S. O'Brien,W. van Pelt and H. Schmid, 2005: Climate variability and campylobacter infection: an international study. Int. J. Biometeorol., 49, 207-214.

LANDSBERG, H.E. TheUrban Climate. Academic Press. London, 1981, 275p.

LINDLEY, S.J., Handley, J.F., Theuray, N., Peet, E. and McEvoy, D. Adaptation strategies for climate change in the urban environment: assessing climate change related risk in UK urban areas. Journal of Risk Research: 2006. 9(5), 1-26.

LOMBARDO, M. A. A ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo. São Paulo, Hucitec, 244 p., 1985.

LOMBORG, B. *Cool It*. Random House INC. New York. 2007.

ICCP. London Climate Change Partnership, 2004: London'sWarming: Climate Change Impacts in London Evaluation Study, London, 293 pp.

MARANDOLA JR E.; HOGAN, D.J. Vulnerabilities and risks in population and environment studies. Population and Environment 28: 83-112, 2006.

MARENGO, J. A., Alves, L., Valverde, M., Rocha, R., Laborbe, R, 2007: Eventos extremos em cenários regionalizados de clima no Brasil e América do Sul para o Século XXI: Projeções de clima futuro usando três modelos regionais. Relatório 5,

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA, SECRETARIA DE BIODIVERSIDADE E FLORESTAS – SBF, DIRETORIA DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE – DCBio Mudanças Climáticas Globais e Efeitos sobre a Biodiversidade - Sub projeto: Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI. Brasília, Fevereiro 2007.

MARENGO, J.A., R. JONES, L.M. ALVES, AND M.C. VALVERDE, 2009a: Future change of temperature and precipitation extremes in South America as derived from the PRECIS regional climate modeling system. *International Journal of Climatology*, **15**, 2241-2255.

MARENGO, J. A., T. AMBRIZZI, R. P. ROCHA, L. M. ALVES, S. V. CUADRA, M. C. VALVERDE, S. E. T. FERRAZ, R. R. TORRES, AND D. C. SANTOS, 2009b: Future change of climate in South America in the late XXI Century: Intercomparison of scenarios from three regional climate models, *Climate Dynamics*, *Climate Dynamics*, DOI 10.1007/s00382-009-0721-6

MARENGO, J.A., M. RUSTICUCCI, O. PENALBA, AND M. RENOM, 2009c: An intercomparison of observed and simulated extreme rainfall and temperature events during the last half of the twentieth century: part 2: historical trends. *Climatic Change*, doi:10.1007/s10584-009-9743-7.

MARTINE, G.; MCGRANAHAN, G.; MONTGOMERY, M.; e FERNÁNDEZ-CASTILLA, R. (eds.). *The New Global Frontier: Urbanization, Poverty and Environment in the 21st Century*. London, Earthscan, 2008.

MCGREGOR, J.L., Walsh, K.J., Katzfey, J.J. 1993: Nested modelling for regional climate studies. *Modelling change in environmental systems*. Chichester: Wiley. p.367-386, 1993.

McEVOY D; Lindley S; Handley J. Adaptation and mitigation in urban areas: synergies and conflicts. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Municipal Engineer*, 2006, 159, No. 4, 185-191.

MENÉNDEZ, C. G., A. C. Saulo, Z. X. Li. 2001: Simulation of South American wintertime climate with a nesting system. *Clim. Dyn.* 17:219-231, 2001.

MIDDLETON, E. M., J. R. Herman, E. A. Celarier, J. W. Wilkinson, C. Carey and R. J. Rusin 2001: Evaluating ultraviolet radiation exposure with satellite data at sites of amphibian declines in Central and South America. *Conservation Biology* 15(4): 914.

MILES, L., Grainger, A. and Phillips, O., 2004. The impact of global climate change on tropical forest biodiversity in Amazonia. *Global Ecology and Biogeography*, (*Global Ecol. Biogeogr.*) DOI: 10.1111/j.1466-822X.2004.00105.x

MIMURA, N. and P. D. Nunn 1998: Trends of beach erosion and shoreline protection in rural Fiji. *Journal Of Coastal Research* 14(1): 37-46.

MISRA, V., P. A. Dirmeyer, B. P. Kirtman. 2003: Dynamic Downscaling of Seasonal Simulation over South American. *J. Climate*, 2003, 16, 103-117.

MONTEIRO, C.A.F. Teoria e Clima Urbano: um projeto e seus caminhos. IN: *Clima Urbano*. MONTEIRO & MENDONÇA, 2003.

NAE 2005: Mudança de Clima, Vol. I: Negociações internacionais sobre a mudança de clima; vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança de clima. Cadernos NAE, Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, NAE-SECOM 2005. Brasília.

NEVES, C. F. e Muehe, D. 2005. Impactos das mudanças Climáticas nas Zonas Costeiras. In: NAE 2005: Mudança de Clima, Vol. I: Negociações internacionais sobre a mudança de clima; vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança de clima. Cadernos NAE, Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, NAE-SECOM 2005. Brasília. 187 pp.

NICOLINI, M., P. Salio, J. J. Katzfey, J. L. McGregor, A. C. Saulo. 2002: January and July regional climate simulation over South American. *J. Geophys. Res.*, 2002, 107, NO. D22, 4637.

NOBRE, P.; Malagutti, M. 2004: Uma avaliação do modelo de circulação geral do CPTEC para estudos de modelagem acoplada oceano-atmosfera. XIII Cong. Bras. de Meteorologia, Fortaleza, Brasil, (in CD-ROM), 2004.

NOBRE, C.A., Oyama, M.D., Oliveira, G. S., Marengo, J.A., Salati, E., 2004. Impact of climate change scenarios for 2100 on the biomes of South America. First International CLIVAR Conference, Baltimore, USA, 21-25 June 2004. Available online at : <<http://www.clivar2004.org>>.

PARRY, M., N. Arnell, T. McMichael, R. Nicholls, P. Martens, S. Kovats, M. Livermore, C. Rosenzweig, A. Iglesias, and G. Fischer, 2001: Millions at risk: defining critical climate change threats and targets. *Global Environmental Change*, 11, 181-183.

PEZZA, A. B.; Simmonds, I. 2005. The first South Atlantic hurricane: Unprecedented blocking, low shear and climate change. *Geophysical Research Letters*, v. 32, L15712.

PINTO Jr., O., and I. Pinto (2008), On the sensitivity of cloud-to-ground lightning activity to surface air temperature changes at different timescales in São Paulo, Brazil, *J. Geophys. Res.*, doi:10.1029/2008JD009841, in press.

PEREIRA FILHO, A. J. ; SANTOS, P. M. Dos; T. M. B. S, Xavier. (Org.). *Evolução do Tempo e do Clima na Região Metropolitana de São Paulo*. 1 ed. São Paulo: Linear B, 2007, v. 1.

PRASAD, N. et al. *Climate Change Resilient Cities: A Primer on Reducing Vulnerabilities to Disasters*. Washington: The World Bank, 2009

RAHMSTORF, S., 2007: Response to Comments on "A semi-empirical approach to projecting future sea-level rise". Science, 317, 1866d.

RON, S. R., W. E. Duellman, L. A. Coloma and M. R. Bustamante 2003: Population decline of the Jambato Toad *Atelopus ignescens* (Anura: Bufonidae) in the Andes of Ecuador Journal of Herpetology 37(1): 116-126.

ROSENZWEIG, C. and W.D. Solecki, 2001: Climate Change and a Global City: The Metropolitan East Coast Regional Assessment. Columbia Earth Institute, New York, 24 pp.

ROSENZWEIG, C. ET AL Mitigating New York City's Heat Island With Urban Forestry, Living Roofs, And Light Surfaces. Sixth Symposium on the Urban Environment, p.1-5., 2004.

SANTOS, M. A Urbanização Brasileira. São Paulo: HUCITEC, 3 ed, 1996.

SATTERHWAITE, D. et al. Adapting to Climate Change in Urban Areas: The Possibilities and Constraints in Low- and Middle-Income Nations. IIED. 2007

SCHIPPER, E.LISA F.. "Conceptual History of Adaptation in the UNFCCC Process" –*Reciel* 15 (1), 2006

SEADE. O novo Retrato de São Paulo. Avaliação dos Primeiros resultados do Censo Demográfico de 1991". 1993

SELUCHI, M. E.; Chou, S. C. 2001: Evaluation of two Eta/CPTEC Model versions for weather forecast over South America. Geofísica Internacional, v. 40, n 3 p. 219-237, 2001.

SEMPA. PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. Dossiê São Paulo. 1996

SHEIN, K. A. State of the Climate in 2005. Special Supplement to the Bulletin of the American Meteorological Society. 2006. vol. 87, n.6.

SINGER, S.F.; Avery, D.T. *Unstoppable Global Warming: Every 1.500 years*. Rowman & littlefield Publishers INC. Lanham. 2008.

SIQUEIRA, M. F. & Peterson, A. T. 2003. Consequences of global climate change for geographic distributions of cerrado tree species. Biota Neotropica, 3(2). Available in:
<<http://www.biotaneotropica.org.br/v3n2/pt/download?article+BN00803022003+it>>

TWWI. State of the World: Our Urban Future. The World Watch Institute, 2007.

STEFFEN, W.; Sanderson, A.; Tyson, P.D.; Jäger, J.; Matson, P.A.; Moore III, B.; Oldfield, F.; Richardson, K.; Schellnhuber, H.-J.; Turner II, B.L.; Wasson, R.J. Global Change and the Earth System: A Planet Under Pressure (Global Change – The IGBP Series). Springer Verlag, Heidelberg, Germany, 336 pp., 2004.

STERN, N., 2007: Stern Review on the Economics of Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge

THOMAS, C.D.; Cameron, A.; Green, R.E.; Bakkenes, M.; Beaumont, L.J.; Collingham, Y.C.; Erasmus, B.F.N.; Siqueira de, M.F.; Grainger, A.; Hannah, L.; Hughes, L.; Huntley, B.; Jaarsveld Van, A.S.; Midgley, G.F.; Miles, L.; Ortega-Huerta, M.A.; Peterson, A.T.; Phillips, O.L.; Williams, S.E. 2004. Extinction risk from climate change. *Nature*/Vol 427/8 January. Disponível em : <2004/www.nature.com/nature>.

UNFCCC. < <http://unfccc.int/adaptation/items/4159.php>> Acesso em 19 de janeiro de 2009

UN-HABITAT. < <http://www.unhabitat.org/content.asp?typeid=19&catid=570&cid=6003>> Acesso em 19 de janeiro de 2009

USP; IPT; FAPESP. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. 1997

WILBY, R. L., and Wigley, T. M. L. 1997: Downscaling general circulation model output: A review of methods and limitations. *Prog. Phys. Geogr.*, 21, 530-548, 1997.

WILBY, R.L., Wigley, T.M.L., Conway, D., Jones, P.D., Hewitson, B.C., Main, J., Wilks, D.S. 1998: Statistical downscaling of general circulation model output: a comparison of methods. *Water Resources Research*, Washington, v.34, n.11, p.2995-3008, 1998.

WILLOWS, R; Connell, Richenda (Eds.) (2003): Climate adaptation: Risk, uncertainty and decision-making. UK Climate Impacts Programme Technical Report. UKCIP, Oxford.

WONG, P. P. 2003: Where have all the beaches gone? Coastal erosion in the tropics. Singapore. *J. Trop. Geog.* 24 111-132.

ZANELLA, M. A. Inundações Urbanas em Curitiba/PR: impactos, riscos e vulnerabilidade socioambiental no Bairro Cajuru. Tese de Doutorado. Meio Ambiente e Desenvolvimento - UFPR, 2006.

ZORITA, E. and von Storch, H. 1999: The analog method as a simple statistical downscaling technique: Comparison with more complicated methods. *J. Clim.*, 12, 2474-2489, 1999.

ANEXO A

Anomalia de Precipitação. Médias sazonais (mm/dia) para o período de 2011-2040 do Modelo ETA-HadCM3 para o Cenário de Emissões A1B. Sendo DJF (Dezembro, Janeiro e Fevereiro), MAM (Março, Abril e Maio), JJA (Junho, Julho e Agosto) e SON (Setembro, Outubro e Novembro).

Anomalia de Temperatura. Médias sazonais (°C) para o período de 2011-2040 do Modelo ETA-HadCM3 para o Cenário de Emissões A1B. Sendo DJF (Dezembro, Janeiro e Fevereiro), MAM (Março, Abril e Maio), JJA (Junho, Julho e Agosto) e SON (Setembro, Outubro e Novembro).

Anomalia de Precipitação. Médias sazonais (mm/dia) para o período de 2041-2070 do Modelo ETA-HadCM3 para o Cenário de Emissões A1B. Sendo DJF (Dezembro, Janeiro e Fevereiro), MAM (Março, Abril e Maio), JJA (Junho, Julho e Agosto) e SON (Setembro, Outubro e Novembro).

Anomalia de Temperatura. Médias sazonais (°C) para o período de 2041-2070 do Modelo ETA-HadCM3 para o Cenário de Emissões A1B. Sendo DJF (Dezembro, Janeiro e Fevereiro), MAM (Março, Abril e Maio), JJA (Junho, Julho e Agosto) e SON (Setembro, Outubro e Novembro).

Anomalia de Precipitação. Médias sazonais (mm/dia) para o período de 2070-2099 do Modelo ETA-HadCM3 para o Cenário de Emissões A1B. Sendo DJF (Dezembro, Janeiro e Fevereiro), MAM (Março, Abril e Maio), JJA (Junho, Julho e Agosto) e SON (Setembro, Outubro e Novembro).

Anomalia de Temperatura. Médias sazonais (°C) para o período de 2070-2099 do Modelo ETA-HadCM3 para o Cenário de Emissões A1B. Sendo DJF (Dezembro, Janeiro e Fevereiro), MAM (Março, Abril e Maio), JJA (Junho, Julho e Agosto) e SON (Setembro, Outubro e Novembro).

Diferença entre as tendências projetadas pelo modelo regional ETA-HadCM3 nos períodos de 2010-2040, 2041-2070 e 2071-2100 para o período base de 1961 - 1990, no cenário A1B para o Índice CDD.

Diferença entre as tendências projetadas pelo modelo regional ETA-HadCM3 nos períodos de 2010-2040, 2041-2070 e 2071-2100 para o período base de 1961 - 1990, no cenário A1B para o Índice R20mm.

Diferença entre as tendências projetadas pelo modelo regional ETA-HadCM3 nos períodos de 2010-2040, 2041-2070 e 2071-2100 para o período base de 1961 - 1990, no cenário A1B para o Índice Ru5day.

Diferença entre as tendências projetadas pelo modelo regional ETA-HadCM3 nos períodos de 2010-2040, 2041-2070 e 2071-2100 para o período base de 1961 - 1990, no cenário A1B para o Índice SU.

Diferença entre as tendências projetadas pelo modelo regional ETA-HadCM3 nos períodos de 2010-2040, 2041-2070 e 2071-2100 para o período base de 1961 - 1990, no cenário A1B para o Índice TR.

Anomalia de Precipitação. Médias sazonais (mm/dia) para o período de 2010-2040 do Modelo ETA-ECHAM para o Cenário de Emissões A2. Sendo DJF (Dezembro, Janeiro e Fevereiro), MAM (Março, Abril e Maio), JJA (Junho, Julho e Agosto) e SON (Setembro, Outubro e Novembro).

Anomalia de Temperatura. Médias sazonais (°C) para o período de 2010-2040 do Modelo ETA-ECHAM para o Cenário de Emissões A2. Sendo DJF (Dezembro, Janeiro e Fevereiro), MAM (Março, Abril e Maio), JJA (Junho, Julho e Agosto) e SON (Setembro, Outubro e Novembro).

Anomalia de Precipitação. Médias sazonais (mm/dia) para o período de 2041-2070 do Modelo ETA-ECHAM para o Cenário de Emissões A2. Sendo DJF (Dezembro, Janeiro e Fevereiro), MAM (Março, Abril e Maio), JJA (Junho, Julho e Agosto) e SON (Setembro, Outubro e Novembro).

Anomalia de Temperatura. Médias sazonais (°C) para o período de 2041-2070 do Modelo ETA-ECHAM para o Cenário de Emissões A2. Sendo DJF (Dezembro, Janeiro e Fevereiro), MAM (Março, Abril e Maio), JJA (Junho, Julho e Agosto) e SON (Setembro, Outubro e Novembro).

Anomalia de Precipitação. Médias sazonais (mm/dia) para o período de 2071-2100 do Modelo ETA-ECHAM para o Cenário de Emissões A2. Sendo DJF (Dezembro, Janeiro e Fevereiro), MAM (Março, Abril e Maio), JJA (Junho, Julho e Agosto) e SON (Setembro, Outubro e Novembro).

Anomalia de Temperatura. Médias sazonais (°C) para o período de 2071-2100 do Modelo ETA-ECHAM para o Cenário de Emissões A2. Sendo DJF (Dezembro, Janeiro e Fevereiro), MAM (Março, Abril e Maio), JJA (Junho, Julho e Agosto) e SON (Setembro, Outubro e Novembro).

Diferença entre as tendências projetadas pelo modelo regional ETA-ECHAM nos períodos de 2010-2040, 2041-2070 e 2071-2100 para o período base de 1961 - 1990, no cenário A2 para o Índice CDD.

Diferença entre as tendências projetadas pelo modelo regional ETA-ECHAM nos períodos de 2010-2040, 2041-2070 e 2071-2100 para o período base de 1961 - 1990, no cenário A2 para o Índice R20mm.

Diferença entre as tendências projetadas pelo modelo regional ETA-ECHAM nos períodos de 2010-2040, 2041-2070 e 2071-2100 para o período base de 1961 - 1990, no cenário A2 para o Índice RX5day.

Diferença entre as tendências projetadas pelo modelo regional ETA-ECHAM nos períodos de 2010-2040, 2041-2070 e 2071-2100 para o período base de 1961 - 1990, no cenário A2 para o Índice SU.

Diferença entre as tendências projetadas pelo modelo regional ETA-ECHAM nos períodos de 2010-2040, 2041-2070 e 2071-2100 para o período base de 1961 - 1990, no cenário A2 para o Índice TR.

ANEXO B

Tendências observadas (a-h) e simuladas pelos modelos regionais HadRM3P (i-p) e RegCM3 (q-x) no período de 1961 - 1990, para os índices extremos: TX90p (a,i,q), TX10p (b,j,r), TN90p (c,k,s), TN10p (d,l,t), Rx5day (e,m,u), R95p (f,n,v), R10mm(g,o,w) e CDD (h,p,x). As regiões em destaque representam a RMSP e RMRJ.