



MAPA DE ANÁLISES CLIMÁTICAS DE JOÃO PESSOA - PARAÍBA

Carlos Ribeiro (1); Aluizio Braz (2) Francisco Silva (3)

(1) Tecnólogo em Geoprocessamento, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e urbanismo, ocarlos.ribeiro@gmail.com

(2) Doutor, Professor do Departamento de Arquitetura, aluisiobmelo@hotmail.com

(3) Doutor, Professor do Departamento de Arquitetura ffagos@yahoo.com.br

Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Arquitetura Centro de Tecnologia, Castelo Branco, João Pessoa-PB, 58051-970, Tel.:(83)3216-7913

RESUMO

A reprodução cartográfica das informações climáticas da cidade é um instrumento que pode auxiliar no entendimento das questões ambientais urbanas e na tomada de decisão no planejamento das cidades. Diante disto, no presente trabalho caracteriza-se a cidade de João Pessoa a partir da metodologia de mapeamento climático, aplicada por Katzschner et al. (2009), que avalia o clima urbano segundo uma consideração do balanço de energia da cidade, determinado pela sua carga térmica (características térmicas) e potencial dinâmico (ventilação). Nesse sentido, foram elaborados os mapas de volume construído, de áreas verdes, de ocupação do solo, e de proximidades a elementos que favorecem a ventilação. Através desses mapas realizaram-se a classificação e a valoração das áreas da cidade segundo suas capacidades de elevação da temperatura do ar e de obstrução aos escoamentos dos ventos. Essa classificação e valoração fornecem informações que podem auxiliar futuras intervenções arquitetônicas e urbanísticas e que critérios climáticos sejam incorporados ao planejamento da cidade, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida de seus habitantes. Das análises dos resultados dos referidos mapas constata-se que as alterações causadas pelo aumento do volume construído, pela redução da porosidade ao escoamento de vento e pela escassez da cobertura vegetal têm provocado alterações no clima urbano de João Pessoa.

Palavras-chave: Planejamento urbano; mapa climático; clima urbano.

ABSTRACT

The map climatic of the city is a tool that can aid in know of urban environmental end decision planning of cities. The present study characterizes the city of João Pessoa (Brazil) used climate mapping methodology developed by Katzschner et al. (2009), this methodology qualifying the urban climate according to an account of the balance of power in the city, use thermal load (thermal characteristics) and dynamic potential (ventilation). Make maps to Building Volume, Green Space, Ground Coverage, and Neighbourhood effects to promote ventilation. Through these maps were carried out classification and valuation of the areas of the city according to their abilities elevation of air temperature and obstruction of the flow of winds. This classification and valuation provide information that can assist future architectural and urban interventions. The results show that that the changes caused by increased volume built by reducing the wind porosity end reducing the urban vegetation cover have caused changes in urban climate of João Pessoa.

Keywords: Planning and urban design, urban climatic map, urban climatic.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos dois séculos, a humanidade presenciou um grande êxodo populacional de áreas rurais para áreas urbanas. Os aspectos gerados pelas atividades humanas principalmente os relacionados ao crescimento demográfico vem sendo objeto de diversos estudos e está ligado a significativos problemas que incluem o crescente aumento do preço da terra, a possibilidade de colapso dos sistemas de transportes, de telecomunicações e de abastecimento, mais tempo de deslocamento, maiores custos de mão de obra e encarecimento da produção, problemas ambientais, segregação, exclusão social e criminalidade.

Os estudos realizados ao longo do século XX colaboraram para uma fundamentação teórica clara o suficiente para afirmar que o espaço construído é um dos fatores que contribuem para a criação de microclimas. Fatores climáticos como radiação solar, temperatura, velocidade e direção dos ventos, precipitação e umidade do ar, entre outros, estão diretamente relacionados com a urbanização. Por sua vez, a morfologia e a geometria urbana, as propriedades térmicas dos materiais utilizados nas construções, a proporção entre as áreas construídas e as áreas verdes e a poluição da atmosfera são as principais variáveis envolvidas na alteração do balanço energético local, ocasionando, a chamada ilha de calor, fenômeno que pode ser compreendido como um maior aquecimento de uma área urbana em relação ao seu entorno ou a uma área rural (DUARTE 2000, VILELA 2007, SANTOS 2007).

Em cidades mais frias, em latitudes mais elevadas, os efeitos do aquecimento das ilhas de calor são benéficos. Em outros casos as sombras ao redor dos edifícios criam áreas mais frescas durante alguns períodos do dia. Mas, na maioria das cidades ao redor do mundo, os efeitos das ilhas de calor são vistos como inconvenientes ou desconfortáveis. Segundo Vidal (1991), os canais de ruas, constituídos pelas áreas verticais típicas das grandes cidades, (os chamados cânions urbanos) refrigeram mais lentamente se comparados às áreas mais abertas. Por definição, o cânion urbano é um espaço tridimensional formado por uma rua e os edifícios que a ladeiam e quanto mais obstruído é um local no meio urbano (maior obstrução da visão do céu), maior será a dificuldade do ambiente dissipar energia térmica armazenada para a atmosfera (OKE, 2006).

De acordo com Monteiro e Mendonça (2011, p.48) “a análise termodinâmica da cidade fornece a informação básica ao arquiteto e ao urbanista. É a partir dessa análise que ocorre a criação dos espaços habitacionais e urbanos e que se estabelecem os mecanismos de reciclagem e adaptação do sistema urbano ao clima”. Os autores lamentam que os arquitetos e urbanistas brasileiros “não possam ainda contar com informações e parâmetros climáticos úteis à criação dos espaços urbanos”. Não apenas no que concerne à tecnologia do conforto térmico como em outros aspectos técnicos de construção e conservação, “eles são forçados a utilizar normas estabelecidas para outros países de realidades bem diferentes das nossas”. Monteiro e Mendonça (2011) acreditam que existe uma tendência “estética e técnica indistigável a igualar o mundo todo, em detrimento de suas diferenças naturais e sociais”. E assim “de duas, uma: ou essas edificações dispõem de tecnologia de conforto tão especializada, a ponto de anular a realidade climática, ou há lugares onde o grau de desconforto é enorme”.

Por isso, o planejamento urbano deve agregar informações resultantes de estudos de clima urbano e considerar aspectos relevantes como, assegurar a circulação e a renovação das massas de ar nas cidades. Um projeto urbano baseado em informações sobre as características climáticas locais pode ser realizado com base na análise geográfica do território e, para isso, diversas técnicas vêm sendo aplicadas ao longo dos anos, que vão desde a utilização de estações meteorológicas, pelo registro temporário e pontual de dados climáticos, sondagens a partir de balões meteorológicos, sensoriamento remoto, ou modelagens matemáticas.

Um dos obstáculos apontados pela literatura para a aplicação dos conhecimentos da climatologia urbana é a dificuldade de comunicação entre os investigadores desta área e os planejadores. Neste sentido, a utilização da componente cartográfica representa um ganho de informação, uma vez que as variáveis climáticas podem ser mapeadas, o entendimento do comportamento do clima local passa a ser visualmente perceptível. Os mapas passam a auxiliar o entendimento do comportamento do clima local e, com isso, a informação contida neles passa a ser útil para o planejamento e para tomada de decisões dos gestores urbanos.

Com base na construção do mapa climático, é possível chegar a um conjunto de orientações climáticas para o planejamento e ordenamento urbano a fim de, evitar, não agravar ou mitigar as condições climáticas locais. Os mapas climáticos são ferramentas de informação e de avaliação para integrar fatores climáticos e considerações para o planejamento das cidades e são obtidos através da sobreposição de camadas que podem incluir mapas temáticos com avaliação dos efeitos positivos e negativos no clima local, levando em conta elementos como topografia do terreno, vegetação e edificações da cidade e os padrões de vento. A cada um desses mapas são empregados pesos, e posteriormente utilizando recursos computacionais eles são

sobrepostos. Essa sobreposição resulta em oito zonas ou classes climáticas que dividem a cidade obedecendo a critérios que contribuem para aquecimento ou esfriamento do ar (KATZSCHNER et al., 2009).

O mapa pode também ajudar os planejadores a avaliar o impacto de novas propostas de desenvolvimento e crescimento. Assim, percebe-se importância de manter atualizado o mapa de análises climáticas, já existente para a cidade de João Pessoa desenvolvido por Souza (2010).

2. OBJETIVO

Objetiva-se com este artigo fornecer informações ampliadas sobre o mapa de análises climáticas do município de João Pessoa, contribuindo com dados climáticos organizados cartograficamente, a fim de possibilitar o entendimento das questões ligadas ao clima urbano na cidade de João Pessoa.

3. MÉTODO

Nesta seção descreve-se a metodologia aplicada para geração do mapa climático de João Pessoa. O seu desenvolvimento está embasado em estudos antecedentes, levantamentos feitos em campo, aplicações de programas computacionais específicos e metodologias de geoprocessamento relacionadas ao uso do sistema de informações geográficas - SIG.

A presente pesquisa iniciou-se por uma atualização do mapa desenvolvido por Souza (2010) e contou com uma análise e caracterização das camadas existentes. A caracterização climática iniciou-se com a construção das camadas (Mapas) que formaram o Mapa Climático Urbano da cidade. Com estas informações, procedeu-se à elaboração das camadas que serviram como critérios de análise da carga térmica e do potencial dinâmico, representadas pelos Mapas de Volume das Construções, de Espaços Verdes, de uso do solo e Proximidade a espaços abertos. A cada camada analisada foram atribuídos valores (classes) que indicam os efeitos relacionados à carga térmica (elevação e arrefecimento da temperatura) e ao potencial dinâmico (ventilação).

O método deste trabalho está dividido em três etapas principais:

1. Coleta de dados e atualização da base cartográfica.
2. Mapeamento das camadas que formam o mapa de análises climáticas
3. Geração do Mapa de análises climáticas.

3.1. Coleta de dados e atualização da base cartográfica

Para execução desse trabalho foram utilizados os dados de eixo de vias, lotes, quadras, limites dos bairros, projeção das edificações referentes à estrutura física do município de João Pessoa, obtidos a partir da base cartográfica digital (.SHP). Os dados de gabarito das edificações, de imagens de satélite e de aerofotocartas entre outros. foram tratados, objetivando a produção dos mapas referentes ao estudo de carga térmica e de potencial dinâmico da cidade.

3.1.1. Gabarito das edificações

Inicialmente, produziu-se uma série de mapas contendo quadras, lotes, nome de rua e a projeção das edificações, de forma que, em campo, fosse fácil perceber e localizar as edificações. Com os mapas em mãos, foram feitas inspeções *in loco*, onde foi observada a quantidade de pavimentos de cada edificação, bem como a existência de edificações que não constavam na base cartográfica fornecida.

Após a visita *in loco*, inseriram-se 24.540 novas edificações, cujo procedimento consistiu em utilizar as ferramentas de edição disponíveis no programa ArcGIS, para desenhar a geometria das edificações, a partir de imagens do Levantamento Fotogramétrico de 2012 realizado pela prefeitura de João Pessoa. Na Figura 1, é possível perceber três momentos distintos que são adotados no processo de atualização da base cartográfica de João Pessoa. No primeiro momento, nota-se a ausência da representação vetorial (na cor bege) do edifício; no segundo momento, o formato da edificação é desenhado por meio das ferramentas de edição disponíveis no programa; por fim, no terceiro momento, percebe-se que, na imagem as edificações estão em perspectiva, sendo, portanto inclinadas, fazendo-se necessário mover o desenho para a posição vertical.



Figura1– Inserção de novas edificações utilizando imagens de satélite (Google Earth adaptado pelo autor, 2013).

O procedimento de atualização das edificações resultou na inserção de novas edificações e substituição de unidades residenciais por edifícios multi-familiares.

3.1.2. Altura das edificações

O número de pavimentos das edificações coletados foi associado ao *shapefile* de edificações. O valor referente à altura em metros, de cada edificação, foi obtido através da contagem de número de pavimentos multiplicado por 3m (três metros) que corresponde a um valor médio para a altura de cada pavimento.

Um sistema de informações geográficas foi utilizado, por ter a capacidade de relacionar espacialmente, dados cartográficos que são a representação da realidade, e dados não gráficos, chamados tabulares, que descrevem atributos dos elementos contidos no mapa.

3.2. Mapeamento das camadas que constituem o mapa de análises climáticas

Nesta etapa realizou-se a identificação, a classificação e a valoração de áreas que contribuem, de forma positiva ou negativa, no balanço de energia da cidade, segundo os aspectos da carga térmica e do potencial dinâmico. Para cada camada do sistema de classificação climática, foi desenvolvido um mapa temático representando os valores de classificação. Atualizou-se do mapa climático da cidade de João Pessoa construído a partir de quatro camadas, identificadas como: mapa de volume construído; mapa de espaços verdes; mapa de cobertura do solo e mapa de proximidades.

3.2.1. Construção do Mapa de Volume Construído (Camada 1)

Para o mapa de volume construído é necessário ter informações sobre a projeção da cada edificação (delimitação do perímetro) e do gabarito em altura das mesmas. O volume construído foi calculado matematicamente pelo SIG, utilizando a área da edificação multiplicada por sua altura, cujo valor encontrado foi graduado em porcentagem, adotando-se 100% como o maior volume construído na área de estudo.

Com a informação do volume construído, procedeu-se à identificação de áreas com significativo adensamento urbano. A concentração elevada de edifícios altos pode implicar maior armazenamento de calor e redução do escoamento dos ventos, contribuindo para a elevação dos efeitos adversos da carga térmica, podendo refletir no aumento da temperatura local. Essas áreas, com forte adensamento e, conseqüentemente, elevado volume de construções receberam valores de classificação positivo. Áreas com pouco ou nenhum adensamento receberam valor nulo. Para a determinação das classes representadas no mapa, o maior valor encontrado para volume construído recebeu o valor proporcional de 100%. Os valores proporcionais foram divididos em cinco classes (0, 0 a 4%, 4% a 10%, 10% a 25%, e 25% a 100%).

3.2.2. Construção do Mapa de Espaços Verdes (Camada 2)

A construção deste mapa visou à identificação de áreas verdes da cidade que poderão contribuir com a redução da carga térmica. A vegetação encontrada no meio urbano pode reduzir a temperatura do ar local, principalmente em seus arredores, devido a aspectos como sombreamento, evapotranspiração e absorção da radiação solar. Desta forma, a sua contribuição com a elevação da carga térmica da cidade é considerada negativa.

Para a produção do mapa, foram utilizados dados da localização geográfica da vegetação da cidade obtidos do Mapa Urbano Digital e de imagens de satélite. Adotou-se uma classificação supervisionada, técnica que permite vetorizar elementos presentes em imagens, em especial as de satélite. Essa classificação é um processo de extração de informação de dados matriciais, utilizado dentro do Sensoriamento Remoto como uma forma de mapear as áreas a partir de seu comportamento espectral do alvo em estudo. Com esse processo, mapeou-se a vegetação existente, permitindo identificar de forma automatizada, Florestas, Matas,

Bosques e vegetação presente nas ruas e nos lotes. Definiu-se que a classe com o valor “0” seria para as áreas onde não existe vegetação e a classe com valor “-1” para as áreas verdes.

3.2.3. Mapa de Cobertura do Solo (Camada 3)

Apesar de haver uma relação estreita entre o clima urbano e a distribuição das tipologias residenciais, comércios, serviços, instituições e indústrias, dentre outras, o que se pretende com esta camada é obter uma análise da superfície do solo quanto a sua rugosidade e à porosidade frente à permeabilidade dos escoamentos do vento local. Os estudos em cidades altamente adensadas, como em cidades japonesas e apontados no mapa climático de Hong Kong, demonstram uma relação inversamente proporcional entre locais com construção aglomerada de prédios e a velocidade do vento (KATZSCHNER et al., 2009), pois, o potencial de ventilação de uma área é inversamente proporcional à cobertura do solo, ou seja, uma região com um alto índice de terrenos ocupados por edificações poderá ter baixo potencial de ventilação.

Para tanto, para geração dessa camada, foram aproveitadas, as informações de ocupação do solo da cidade de João Pessoa, presentes do Mapa urbano digital e no arquivo de projeção das edificações. Dessa forma, identificaram-se as áreas urbanas com uma alta taxa de ocupação e elevado índice de impermeabilidade aos ventos. O aumento da densidade urbana contribui para a redução da velocidade do vento, e, conseqüentemente, tende a elevar a temperatura do ar na região.

O Mapa de Cobertura do Solo é definido por classes divididas pelos seguintes intervalos percentuais de ocupação: 0–30%, 30–50% e >50%. A valoração das classes obedeceu ao critério de quanto maior a área de cobertura do solo, menor o valor de potencial dinâmico.

3.2.4. Construção do Mapa de Proximidades (Camada 4)

Elementos como corpos d’água, espaços abertos e encostas favorecem as áreas urbanas próximas a eles, pois os ventos provenientes desses lugares podem mitigar os efeitos nocivos da carga térmica. Para cada um desses elementos, um mapa foi construído a fim de identificar regiões que promovem a circulação de ar e as regiões que são beneficiadas pelos ventos. Assim, têm-se as subcamadas de Corpos d’água, de espaços abertos e de encostas definidas da seguinte forma:

Pelo sistema de classificação climático proposto no Department of Architecture de Hong Kong (KATZSCHNER et al., 2009), as áreas distantes até 140 metros de corpos d’água são beneficiadas pela ventilação, sendo os 70 metros mais próximo considerados ainda mais benéficos. O mapeamento dessas distâncias resultou na subcamada de Corpos d’água.

De modo similar, os ventos provenientes de espaços urbanos abertos, tais como: parques, campos e áreas pouco adensadas - podem reduzir a temperatura do ar em áreas intra-urbanas. Pela metodologia aplicada em Hong Kong, por Katzschner et al. (2009), as áreas da cidade que obtiveram volume construído menor do que 5% na Camada 1 (um) e cobertura de solo menor do que 5% na Camada 3 (três) foram classificadas como espaços urbanos abertos. Ainda pela metodologia proposta, a ventilação oriunda desses espaços pode beneficiar as regiões da Camada 4 (quatro) com ocupação menor do que 30%. Para as análises da subcamada de Espaços Abertos, fez-se necessário a delimitação de espaços urbanos abertos e das regiões beneficiadas, adotando o seguinte critério: as áreas identificadas no passo anterior foram consideradas beneficiadas pela proximidade de espaços abertos recebendo o valor “-1” e as demais receberam o valor “0”.

A subcamada de Encostas (geradas utilizando informações das curvas de nível), principalmente as com inclinação superior a 40% e inseridas em áreas verdes, também devem ser selecionadas e classificadas como benéficas ao potencial dinâmico.

3.3. Mapa de análises climáticas

Utilizou-se do programa de SIG, para realizar operações computacionais relacionadas à álgebra de mapas para produzir o Mapa de Análises com oito classes climáticas urbanas, representadas em gradação de cores partindo de verde à vermelha. Assim, atualizou-se o Mapa desenvolvido por Souza (2010). Com tal mapa, foi possível identificar as classes climáticas que representam áreas da cidade com características semelhantes, do ponto de vista do clima urbano. Tal identificação foi útil para a determinação dos pontos de análise e medições de uma série de dados microclimáticos.

Sobre este mapa, é importante destacar que as camadas de topografia e espaços naturais existentes na metodologia empregada em Hong Kong, por Katzschner et al. (2009) e na primeira versão do mapa climático de João Pessoa foram suprimidas. A primeira camada desconsiderada refere-se às características de relevo existentes nas cidades analisadas, diferentemente da João Pessoa, é justificada para Hong Kong que tem grandes diferenças de cotas altimétricas, considerando que essa característica contribui para a redução da

carga térmica. Sabe-se que o efeito do resfriamento adiabático da temperatura do ar, pela elevação da altitude, tomando como parâmetro o gradiente vertical é de 0,6°C/100m. Em João Pessoa, não há essa característica, pois a sua topografia é predominantemente tabular com altitudes inferiores a 50m em mais de 90% do território municipal. Optou-se também por remover a camada denominada de paisagem natural, que trata dos dados referentes à vegetação rasteira e áreas descampadas com presença de grama, pastos e campos abertos, uma vez que alguns desses elementos ou não existem ou já foram incluídos em outros mapas. A Figura 2 demonstra a metodologia aplicada neste trabalho.

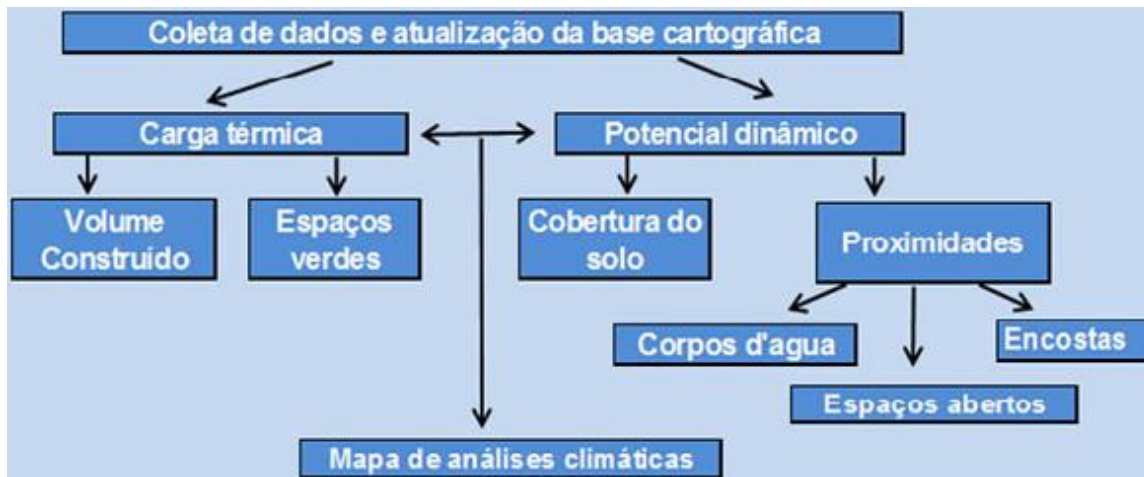


Figura 2 – Metodologia de trabalho.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Nesta seção são dados a conhecer os principais resultados dos procedimentos e da simulação desenvolvidos na metodologia. São analisadas as camadas (Mapas) que formaram o Mapa Climático Urbano da cidade de João Pessoa, utilizando como critérios de análise da carga térmica e do potencial dinâmico, e que, resultam no Mapa de Análises Climáticas.

4.1. Camada 1 - Mapa de volume construído

Em João Pessoa, o uso do solo é diversificado. Há ocorrência de usos residencial, industrial, comércio/serviço e institucional, sendo que residencial é predominante. Com o Mapa de Volume de Construído, foi possível identificar as áreas correspondentes a cada uma de suas classes, 52,04% do território municipal de João Pessoa esta enquadrado na classe de valor “0” (nenhuma construção), as classes “1” (área pavimentada) e “2” (0-4% de volume construído) correspondem a, respectivamente, 0,41% e 40,75%; a classe “3” (10-25% de volume de construção) corresponde a 3,68% de toda a superfície do solo. Por último, as classes “4” (10-25% de volume construído) e “5” (25-100% de volume construído) representam, juntas, 3,12% da área da cidade

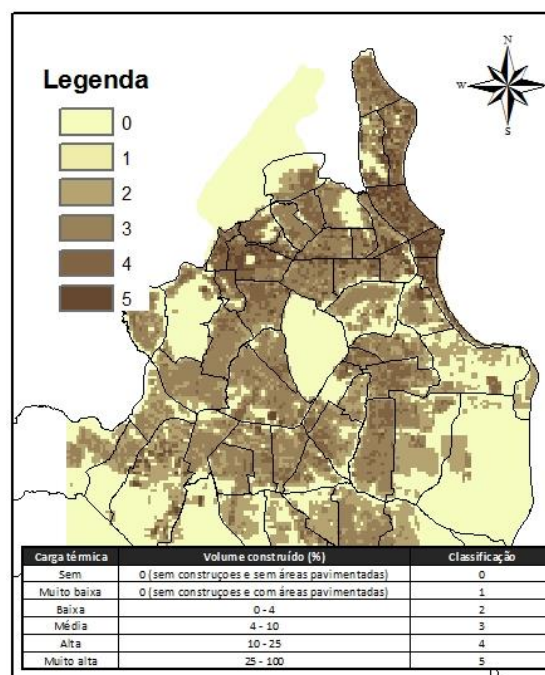


Figura 3 – Camada 1 - Mapa de volume construído.

4.2. Camada 2 - Mapa de Espaços Verdes

Através do mapa de espaços verdes constatou-se que os espaços verdes equivalem a 25,38% de toda a extensão territorial do município, o que corresponde a 53,54 km² que recebeu o valor “-1” pelo seu efeito benéfico de amenização das temperaturas. Com o mapa de Espaços verdes foi possível perceber que em João Pessoa, a problemática das áreas verdes urbanas, pelo existente no mapa apresentado, não diz respeito à quantidade dessas áreas, mas à sua distribuição no espaço da cidade. Percebe-se que a presença de áreas verdes se dá em grandes porções ou em áreas de preservação permanente, acompanhando o curso de rios ou em encostas e falésias. (Figura 4)

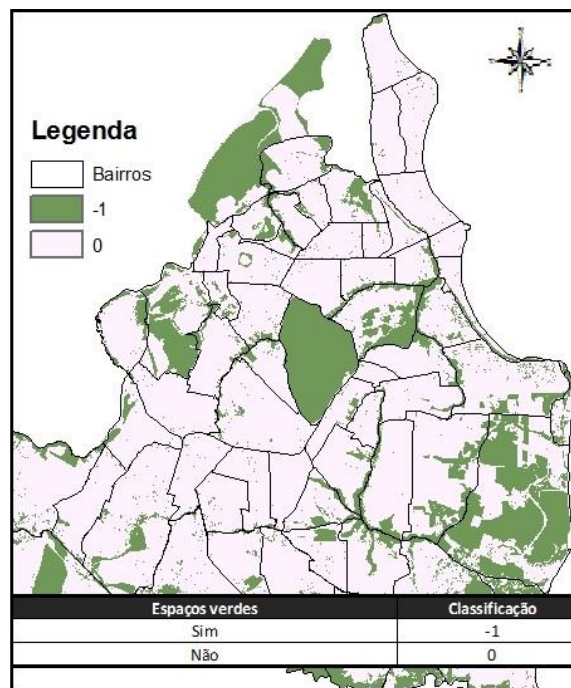


Figura 4 – Camada 2 - Mapa de Espaços Verdes.

4.3. Camada 3 - Mapa de Cobertura do Solo

Para avaliar os critérios de ventilação, utilizou-se da camada de Cobertura de solo como um indicador da permeabilidade (porosidade aos ventos) definida pela relação entre as edificações e o seu entorno. A cidade de João Pessoa é caracterizada por um adensamento do solo inferior a 30%, constata-se uma maior densidade de edificações da cidade, nos bairros mais antigos e centrais, com lotes com construções conjugadas e praticamente sem recuos frontais nas áreas mais centrais, ao longo das principais áreas de atividades de comércio e serviço, bem como nas áreas de ocupação da população de baixa renda, que podem ser associadas a temperaturas mais elevadas e menores condições de conforto térmico. Com isso, constata-se que a cidade em sua maioria não contribui negativamente nos fluxos e nas trajetórias do ar, do ponto de vista da cobertura do solo. Quanto à área ocupada, a classe de valor -2 que representa cobertura do solo entre 0% e 30%, o que equivale a 73,34% da área da cidade. (Figura 5).

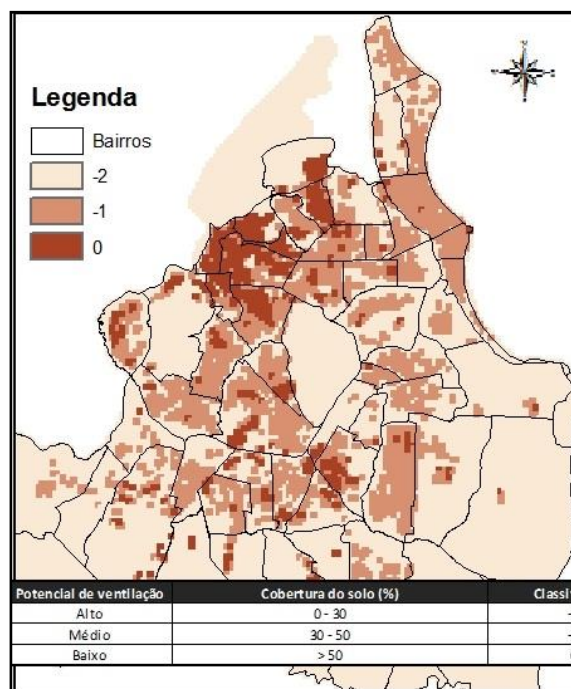


Figura 5 – Camada 3 - Mapa de Cobertura do Solo.

4.4. Camada 4 - Mapa de Proximidades

Para identificar a existência de espaços próximos a áreas abertas ou com características que favoreçam a circulação de ar (funcionando como canalizações de ventilação), uma vez que essas áreas influenciam positivamente na mitigação dos efeitos adversos da carga térmica, foram utilizadas três subcamadas de informação: a subcamada a (Mapa de Proximidade a Corpos D’água); a subcamada b (Mapa de Espaços Abertos) e a subcamada c (Mapa de Encostas). (Figura 6).

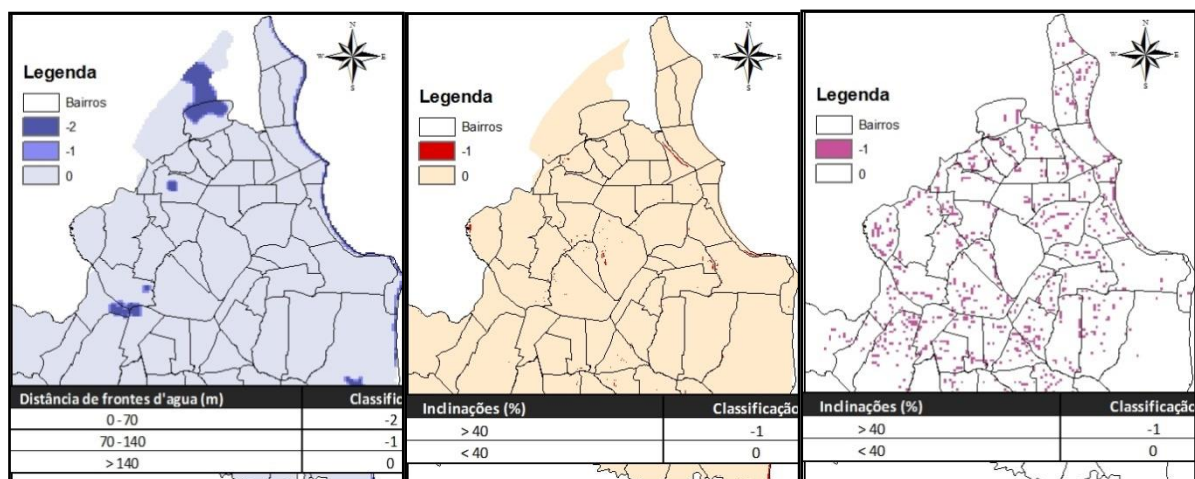


Figura 6 – Mapas de corpos d’água, espaços abertos e encostas, respectivamente.

Os corpos d’água são considerados benéficos do ponto de vista climáticos, especialmente os primeiros 140 metros contíguos a todo o perímetro dos corpos d’água. Esses 140 metros são divididos em duas faixas de 70 metros. Os 70 metros iniciais são considerados como os mais benéficos, pois recebem toda a ventilação natural oriunda dos corpos d’água. O mapa de espaços abertos representa as regiões beneficiadas pelos ventos provenientes desses espaços, tais como parques, campos e áreas pouco adensadas. Esses ventos podem reduzir a elevação da temperatura em áreas intraurbanas e agir de forma positiva no potencial dinâmico, principalmente nas regiões que lhe são próximas.

O Mapa de encostas considera as regiões existentes na área de estudo com inclinações superiores a 40% como um elemento benéfico para o clima urbano, uma vez que estes representam um indicador dos locais onde a topografia constitui um elemento decisivo na canalização dos ventos, causando sua ascensão ou a sua descida. O ar mais frio, geralmente, desloca-se pelas encostas e exerce influência apenas no local por onde circula e pode contribuir com a redução da temperatura local. A análise do mapa de proximidade (Figura 7) demonstra que além do perímetro de 140 metros que inclui e acompanha todos os corpos d’água, há apenas fragmentos pontuais e bastante dispersos no território, de tal forma que 91,74% do território municipal não é beneficiado por nenhum elemento de proximidade, sejam eles presença de corpos d’água, encostas ou espaços abertos

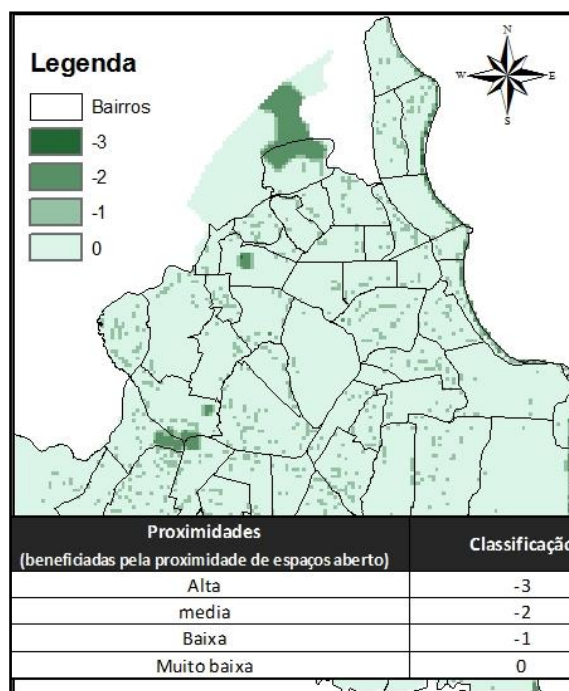


Figura 7 – Camada 4 - Mapa de Proximidades.

4.5. Mapa de análises climáticas

Com a sobreposição dos mapas de Volume Construído e de Espaços Verdes chegou-se ao mapa de carga térmica. De posse dele, é possível identificar dois aspectos distintos da morfologia urbana em João Pessoa. O primeiro trata da centralização de determinados elementos morfológicos, por exemplo, edifícios altos ou não, avenidas, áreas impermeáveis, etc., que são associados à produção de calor e a quantidade de radiação solar armazenada. Já o outro aspecto trata da presença da vegetação como elemento mitigador do calor. Dessa forma, a Carga Térmica qualifica o comprometimento dos aspectos morfológicos frente a sua capacidade de armazenamento de calor.

O mapeamento do Potencial Dinâmico integrou os mapas de Cobertura de solo e de Proximidades. A cobertura do solo permite obter a influência que os edifícios provocam na diminuição da velocidade do vento em meio urbano. Portanto, o mapa de potencial dinâmico reúne os efeitos negativos da redução da ventilação apresentado na Camada 3 (três) e os benefícios das proximidades de regiões que favorecem a ventilação, na

camada 4 (quatro). Mapas climáticos urbanos podem ser considerados instrumentos que traduzem o conhecimento climático para o processo de planejamento, a fim de ajudar os planejadores a compreender e avaliar os efeitos da ventilação e do conforto térmico, auxiliando na ordenação territorial. Katzschner (1997) estabelece dois aspectos básicos a serem investigados na elaboração do mapa climático: a análise dinâmica do regime de ventos e os meios responsáveis por sua alteração e a análise térmica.

A cada uma das camadas são atribuídos pesos, e posteriormente utilizando recursos computacionais relacionados ao uso dos sistemas de informações geográficas elas são sobrepostas. Utilizou-se o programa de SIG, para realizar operações computacionais relacionadas à álgebra de mapas para produzir o Mapa de Análises. Pela adição dos valores específicos de classificação das duas primeiras camadas da etapa 2 (camada 1 e camada 2) resulta uma nova camada com novos valores de classificação, que traduzem o Mapa de Carga Térmica da cidade. De modo similar, o Mapa de Potencial Dinâmico foi elaborado pela adição dos valores específicos de classificação das duas últimas camadas da etapa 2 (camada 3, e camada 4).

A soma dos mapas de Carga térmica e Potencial Dinâmico (Figura 8) resulta em 11 categorias de classificação. Com o propósito de facilitar o entendimento dos aspectos climáticos para o planejamento urbano, tendo como referência os estudos de Katzschner et al. (2009), se fez um agrupamento das 11 categorias, resultando em 8 zonas ou classes climáticas que caracterizam a regiões da cidade, obedecendo a critérios que contribuem para aquecimento ou esfriamento do ar.

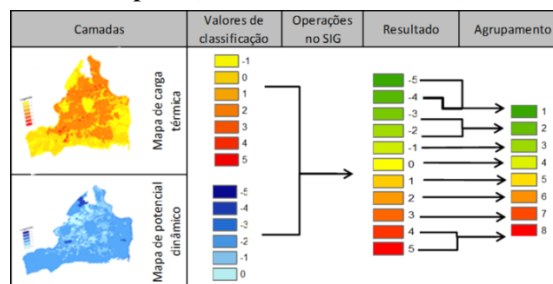


Figura 8 – Operações de álgebra de mapas no SIG.

As diferentes zonas climáticas variam das áreas urbanas para áreas rurais e permitem uma avaliação dos efeitos adversos das estruturas urbanas e as condições meteorológicas locais. Estas zonas estão representadas com cores e símbolos diferentes que indicam, por exemplo, os locais que devem ser preservados ou ter os efeitos negativos do clima urbano mitigado a fim de, evitar, não agravar ou mitigar as condições climáticas locais. Com a compreensão do comportamento dos critérios de análise da carga térmica e do potencial dinâmico é possível identificar na cidade, áreas favorecidas pela ventilação, áreas com ventilação reduzida, áreas com alta carga térmica e com baixa carga térmica, etc. A sobreposição dos mapas de Carga Térmica e Potencial Dinâmico, já descrita anteriormente, dentro do sistema de informações geográficas possibilitou a confecção do mapa Análises Climáticas de João Pessoa (Figura 9).

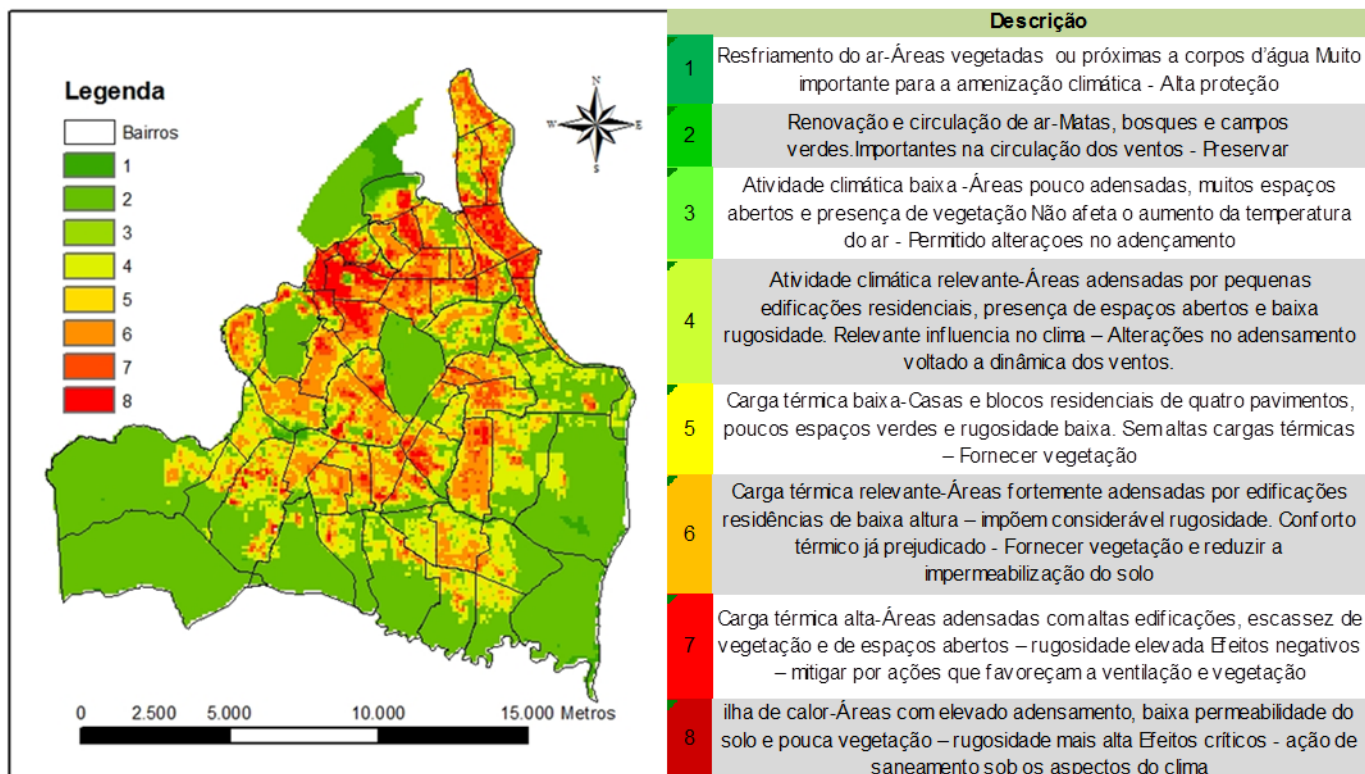


Figura 9 – Mapa de Análises climáticas de João Pessoa

5. CONCLUSÕES

Do ponto de vista ambiental, a criação de espaços urbanos que proporcionem qualidade de vida e maior eficiência energética é um desafio para arquitetos e planejadores, dispostos a contribuir para um desenvolvimento mais sustentável. Por isso, o planejamento urbano deve agregar informações resultantes de estudos de clima urbano e considerar aspectos relevantes como, assegurar a circulação e a renovação das massas de ar nas cidades.

Um projeto urbano baseado em informações sobre as características climáticas locais pode ser realizado com base na análise geográfica do território. A utilização da componente cartográfica representa um ganho de informação, uma vez que as variáveis climáticas podem ser mapeadas, o entendimento do comportamento do clima local passa a ser visualmente perceptível. Os mapas passam a auxiliar o entendimento do comportamento do clima local e, com isso, a informação contida neles passa a ser útil para o planejamento e para tomada de decisões dos gestores urbanos.

Os mapas climáticos são ferramentas de informação e de avaliação para integrar fatores climáticos e considerações para o planejamento das cidades e são obtidos através da sobreposição de camadas que podem incluir mapas temáticos com avaliação dos efeitos positivos e negativos no clima local.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DUARTE, D. H. S. **Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos na região de clima tropical continental** Disponível em: <www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16131/tde-18072006-182858/pt-br.php> 2000
- KATZSCHENER, L. NG, E.; CHAO, R. Department of Architecture, CUHK – **Urban Climatic Map and Standards for Wind Environment** – Feasibility Study – Working Paper 1A: Draft Urban Climatic Analysis Map, 2009.
- KATZSCHENER, L. Urban climate studs as tools for urban planning and architecture. Anais Encac 1997.
- MONTEIRO, C. A. F., MENDONÇA F. Clima Urbano. Editora Contexto 2011.
- OKE, T. R. Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites. 2006.
- SANTOS J. H. A. **Determinação e verificação de ângulos de céu decorrentes dos padrões de ocupação do solo nos bairros de Cabo Branco e Tambaú em João Pessoa – PB.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, março de 2007. Disponível em: <<http://www.ct.ufpb.br/pos/engurbana/arquivos/dissertacoes/07-2005.zip>>
- SOUZA, V. S. **Mapa climático urbano da cidade de João Pessoa – PB.** Dissertação de mestrado. Programa de pós-graduação em arquitetura e urbanismo. UFPB 2010.
- VIDAL, R. D. M. **Morfologia urbana e ilhas de calor: Temperatura do ar na cidade de Natal**, Universidade de Brasília, 1991.
- VILELA J. A. **Variáveis do clima urbano: análise da situação atual e prognósticos para a região do bairro Belvedere III, Belo Horizonte, MG.** Dissertação de Mestrado. UFMG. 2007. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/1843/RAAO7BRFXX/1/disserta_o_jacqueline_vilela.pdf>.