



**CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
UNIDADE ACADEMICA DE CIÊNCIAS FLORESTAIS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS
CAMPUS DE PATOS - PB**



ÁLVARO RENAN VIEIRA NUNES

**CONFORTO TÉRMICO E ESTIMATIVA DA CAPTURA DO CARBONO
PELA VEGETAÇÃO EM DIFERENTES ÁREAS DA CIDADE DE
CATOLÉ DO ROCHA-PB**

**PATOS – PARAÍBA – BRASIL
ABRIL – 2018**

ÁLVARO RENAN VIEIRA NUNES

**CONFORTO TÉRMICO E ESTIMATIVA DA CAPTURA DO CARBONO
PELA VEGETAÇÃO EM DIFERENTES ÁREAS DA CIDADE DE
CATOLÉ DO ROCHA-PB**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, da Universidade Federal de Campina Grande, *Campus* de Patos-PB, na Área de Ecologia, Manejo e Utilização dos Recursos Florestais, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Patrícia Carneiro Souto

PATOS – PARAÍBA – BRASIL

2018

N972c Nunes, Álvaro Renan Vieira.
Conforto térmico e estimativa da captura do carbono pela
vegetação em diferentes áreas da Cidade de Catolé do Rocha - PB. /
Álvaro Renan Vieira Nunes. - Patos - PB: [s.n], 2018.

80 f.

Orientadora: Professora Dr^a Patrícia Carneiro Souto.

Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Campina
Grande; Centro de Saúde e Tecnologia Rural; Programa de
Pósgraduação em Ciências Florestais.

1. Arborização urbana. 2. Conforto térmico ambiental. 3.
Captura de carbono. 4. Zona urbana e conforto térmico. 5. Catolé do
Rocha – espécies vegetais urbanas I. Título.

CDU: 630*27(043)

Elaboração da Ficha Catalográfica:

Johnny Rodrigues Barbosa
Bibliotecário-Documentalista
CRB-15/626

**CONFORTO TÉRMICO E ESTIMATIVA DA CAPTURA DO CARBONO
PELA VEGETAÇÃO EM DIFERENTES ÁREAS DA CIDADE DE
CATOLÉ DO ROCHA-PB**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, da Universidade Federal de Campina Grande, no CSTR, como parte das exigências para a obtenção do Título de MESTRE em CIÊNCIAS FLORESTAIS.

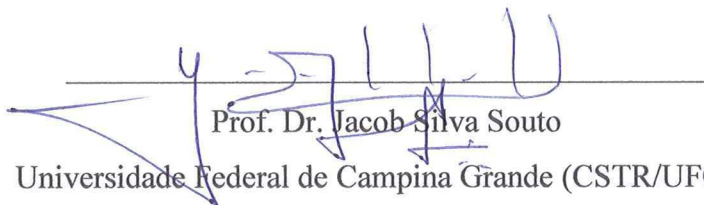
Aprovada em 27 de abril de 2018



Prof.ª Dr.ª. Patrícia Carneiro Souto
Universidade Federal de Campina Grande (CSTR/UFCG)
(Orientadora)



Prof. Dr. Evandro Franklin de Mesquita
Universidade Estadual da Paraíba (CCHA/UEPB)
(1ª Examinador)



Prof. Dr. Jacob Silva Souto
Universidade Federal de Campina Grande (CSTR/UFCG)
(2ª Examinador)

Dedico a toda minha família, Pai, Mãe, Irmã, Namorada,
Avós, Tios, Primos e Amigos.

Dedico especialmente ao meu grande Avô, que nesse ano
trava uma batalha contra o câncer. A eles, o meu
reconhecimento.

AGRADECIMENTO

Agradeço plenamente a Deus, por ter me concedido sabedoria para superar todos os obstáculos encontrado na vida.

Aos meus pais e irmã, pelo apoio afetivo e pela perseverança e amor incondicional que sempre dedicaram a mim.

A minha namorada Ana Luiza, que me apoiou nos momentos mais difíceis e esteve comigo ajudando nos dias mais alegres.

A minha orientadora Prof. Dr^a. Patrícia Carneiro Souto, pela amizade, carinho, orientação durante o mestrado e pelos esmerados e prestimosos conselhos.

A toda minha família que torceram por mim e me apoiaram nessa caminhada.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais/UFCG, pelos ensinamentos, apoio e orientação durante minha formação do mestrado.

A todos meus amigos de minha cidade que “compraram” essa batalha comigo, e me ajudaram imensamente nas coletas de dados.

Aos meus colegas de sala que me apoiaram e me ajudaram com ensinamentos e sabedorias.

A pesquisadora Dr^a. Vanderlise Giongo da Embrapa Semiárido-Petrolina-PE, que possibilitou as análises química do material vegetal.

A CAPES, pelo apoio financeiro-institucional concedido.

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO I

Figura 1 - Localização geográfica da cidade de Catolé do Rocha-PB.	5
Figura 2 - Áreas selecionadas para a realização da pesquisa na cidade de Catolé do Rocha-PB: Ruas arborizadas (A), Ruas sem arborização (B) e Áreas Verdes (C).....	7
Figura 3 - Procedimento de coleta das variáveis temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) na cidade de Catolé do Rocha-PB.....	8
Figura 4 - Índice de Temperatura e Umidade (ITU) das áreas estudadas	18
Figura 5 - Índice de Calor dos ambientes estudados (área verde – cautela e área laranja – cautela extrema)	21
Figura 6 - Realização das entrevistas pelas equipes na cidade de Catolé do Rocha-PB.....	22

CAPITULO II

Figura 1- Localização geográfica da cidade de Catolé do Rocha.	5
Figura 2 - Coleta de folhas e galhos finos das espécies arbóreas presentes nas praças e ruas da cidade de Catolé do Rocha-PB, para determinação do teor de carbono.....	7
Figura 3 - Furadeira com broca utilizada para retirada de amostras da madeira do caule para análise do teor de carbono.....	8
Figura 4 - Medição do CAP no fuste das árvores na cidade de Catolé do Rocha-PB para determinação da biomassa.....	13
Figura 5 - Estimativa da biomassa ($t\ ha^{-1}$) e do carbono vegetal ($t\ ha^{-1}$) das espécies arbóreas presentes nas ruas de Catolé do Rocha-PB, através de equações alométricas.....	14
Figura 6 - Estimativa da biomassa ($t\ ha^{-1}$) e do carbono vegetal ($t\ ha^{-1}$) através das equações alométricas nas Praças de Catolé do Rocha-PB.....	15
Figura 7 - Valores médios encontrados para o teor de carbono por compartimentos.....	17

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Critérios de classificação do Índice de Temperatura e Umidade (ITU).....	9
Quadro 2 - Níveis de alerta e suas consequências à saúde humana do índice de calor (IC) ...	10
Quadro 3 - Escala de preferência e sensação térmica sugerida pelo PMV.....	11
Quadro 4 - Classes de conforto de sensação térmica e preferência térmica a ser utilizada no estudo sobre conforto térmico na cidade de Catolé do Rocha-PB.....	12

LISTA DE TABELAS

CAPITULO I

Tabela 1 - Análise de Variância da variável temperatura.....	13
Tabela 2 - Média de temperatura nas ruas com, sem arborização e nas praças.....	14
Tabela 3- Interação da média de temperatura entre o dia e a coleta	15
Tabela 4- Análise de Variância da variável Umidade.....	16
Tabela 5- Interação da média de umidade relativa entre o Ambiente e coleta.....	16
Tabela 6- Interação entre o Dia e coleta da variável Umidade Relativa.....	17
Tabela 7 - Médias de temperatura e umidade relativa do ar, dos ambientes estudados	19
Tabela 8 - Classes de sensação térmica e preferência térmica na cidade de Catolé do Rocha-PB.....	22
Tabela 9 - Correlação entre ITU, IC, Sensação térmica e Preferência térmica dos moradores de Catolé do Rocha-PB.....	24

CAPITULO II

Tabela 1 - Espécies vegetais encontrada nas ruas estudadas na cidade de Catolé do Rocha - PB.....	10
Tabela 2 - Espécies vegetais encontrada nas Praças Sérgio Maia e Jerônimo Rosado na cidade de Catolé do Rocha -PB.....	11
Tabela 3 - Espécies vegetais mais encontradas na Praça José Sérgio Maia da cidade de Catolé do Rocha -PB.....	12
Tabela 4 - Análise de variância dos teores de carbono nas espécies arbóreas.....	18
Tabela 5 - Valores médios dos teores de carbono (g kg^{-1}) nas diferentes frações das espécies arbóreas na cidade de Catolé do Rocha-PB.....	18

SUMÁRIO

RESUMO	12
ABSTRACT	13
1 INTRODUÇÃO	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 Arborização urbana.....	16
2.2 Benefícios da arborização urbana.....	17
2.3 Conforto térmico ambiental.....	18
2.4 Conforto térmico na zona urbana.....	19
2.5 Índice de Calor.....	20
2.6 Desconforto humano.....	21
2.7 Captura do carbono.....	22
2.8 Métodos de cálculos para estimar o carbono.....	24
2.9 Métodos para estimar a biomassa.....	24
REFERÊNCIAS	26

CAPÍTULO I: AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE (ITU) E A PERCEPÇÃO DA POPULAÇÃO QUANTO AO CONFORTO TÉRMICO

RESUMO	2
ABSTRACT	3
1 INTRODUÇÃO	4
2 MATERIAL E MÉTODOS	5
2.1 Área do estudo.....	5
2.2 Delineamento experimental.....	6
2.3 Influência da vegetação no conforto térmico.....	6
2.4 Avaliação do conforto térmico urbano.....	8
2.5 Avaliação do índice de calor.....	9
2.6 Levantamento sobre a percepção da população quanto ao conforto térmico.....	11
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	12

3.1 Influência da vegetação no conforto térmico.....	12
3.2 Avaliação do conforto térmico urbano.....	18
3.3 Avaliação do índice de calor.....	20
3.4 Levantamento sobre a percepção da população quanto ao conforto térmico.....	21
4 CONCLUSÃO.....	25
REFERÊNCIAS.....	26

CAPÍTULO II: INVENTÁRIO FLORÍSTICO URBANO PARA ESTIMATIVA DA BIOMASSA E A CAPTURA DE CARBONO VEGETAL ATRAVÉZ DE EQUAÇÕES ALOMÉTRICAS.

RESUMO.....	2
ABSTRACT.....	3
1 INTRODUÇÃO	4
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	5
2.1 Área do estudo.....	5
2.2 Inventário Florístico.....	6
2.3 Estimativa da biomassa e captura do carbono através de equações alométrica.....	6
2.4 Quantificações dos teores de carbono.....	7
2.5 Análise de dados.....	9
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	10
3.1 Inventário Florístico.....	10
3.2 Estimativa da biomassa e captura do carbono através de equações alométrica.....	13
3.3 Quantificações dos teores de carbono.....	16
4 CONCLUSÃO.....	20
REFERÊNCIAS.....	21

NUNES, Álvaro Renan Vieira. **Conforto térmico e estimativa da captura do carbono pela vegetação em diferentes áreas da cidade de Catolé do Rocha-PB.** 2018. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais. CSTR/UFCG, Patos - PB. 2018.

RESUMO

Considerada a cidade mais verde do sertão paraibano, a cidade de Catolé do Rocha possui uma cobertura vegetal que proporciona inúmeros benefícios para a melhoria microclimática e conforto térmico para o ambiente. O presente estudo objetivou avaliar a diferença climática entre ruas arborizadas, não arborizadas e áreas verdes da cidade de Catolé do Rocha–PB, através da estimativa do Índice de Temperatura e Umidade (ITU), o Índice de Calor (IC), e estimar a biomassa e a captura do carbono pelas árvores mais representativas. Na avaliação do conforto térmico foram selecionadas as áreas amostrais: Ruas arborizadas (3), Ruas sem arborização (3) e Áreas Verdes (3 praças principais). O conforto térmico nas áreas selecionadas foi estimado através dos índices ITU e o IC, onde se coletou as variáveis temperatura do ar (°C) e a umidade relativa do ar (%). A percepção da população com relação ao nível de conforto térmico, proporcionado pela presença e/ou ausência da arborização nas ruas e áreas verdes, foi avaliada através de entrevistas semiestruturadas aos transeuntes e/ou moradores. A estimativa da biomassa vegetal e captura do carbono foi realizada em indivíduos selecionados no banco de dados do inventário, sendo escolhidas as espécies de maior ocorrência e representatividade. O carbono da biomassa arbórea viva foi calculado através do uso de equação alométrica e o teor do carbono pelo método direto de análise de folhas, galhos finos e do caule, utilizando o analisador de carbono. A Praça José Sérgio Maia foi a que mais destacou na produção de biomassa e captura do carbono, com valores de 138,25 t ha⁻¹ e 62,21 t ha⁻¹ de carbono vegetal, respectivamente. Conclui-se que o elevado Índice de Calor (IC), registrado nos ambientes arborizados e não arborizados, que direciona para os níveis de alerta cautela extrema e cautela, indica que a arborização nas ruas e praças de Catolé do Rocha é ainda insuficiente para tornar esses ambientes termicamente agradáveis e saudáveis à população.

Palavras-chave: Sensação térmica, Semiárido da Paraíba, Sequestro de Carbono.

NUNES, Álvaro Renan Vieira. **Thermal comfort and estimation of carbon capture by vegetation in different areas of the city of Catolé do Rocha-PB.** 2018. Master's Dissertation in Forest Sciences. CSTR/UFCG, Patos - PB. 2018.

ABSTRACT

Considered the greenest city in the Sertão of Paraíba, the city of Catolé do Rocha has a vegetation cover that offers numerous benefits for the microclimatic improvement and thermal comfort for the environment. The objective of this study was to evaluate the climatic difference between green and non-wooded streets and green areas of the city of Catolé do Rocha-PB, by estimating the Temperature and Humidity Index (ITU), the Heat Index (CI), and biomass and carbon capture by the most representative trees. In the thermal comfort evaluation, the sample areas were selected: Wooded streets (3), Streets without afforestation (3) and Green areas (3 main squares). The thermal comfort in the selected areas was estimated through the ITU indices and the CI, where the variables air temperature (°C) and relative air humidity (%) were collected. The perception of the population regarding the level of thermal comfort, provided by the presence and / or absence of afforestation in the streets and green areas, was evaluated through semi-structured interviews with passersby and / or residents. Plant biomass and carbon capture were estimated in selected individuals in the inventory database, with the highest occurrence and representative species being chosen. The carbon of living tree biomass was calculated using allometric equation and carbon content by the direct method of analysis of leaves, thin branches and stem using the carbon analyzer. José Sérgio Maia Square was the most prominent in biomass production and carbon capture, with values of 138.25 t ha⁻¹ and 62.21 t ha⁻¹ of vegetal carbon, respectively. It is concluded that the high heat index (CI), registered in the wooded and non-wooded environments, which leads to the levels of extreme caution and caution, indicates that the afforestation in the streets and squares of Catolé do Rocha is still insufficient to make these thermally pleasant and healthy environments to the population.

Keywords: Thermal sensation, Semi-arid of Paraíba, Carbon sequestration.

1 INTRODUÇÃO

O crescimento acelerado da população no meio urbano tem levado o homem a buscar melhores condições que possam aperfeiçoar a sua coexistência no ambiente. Grandes mudanças vêm ocorrendo devido à ocupação desordenada das cidades, principalmente no quesito de arborização, em que o uso de uma vegetação apropriada é cada vez mais necessário (MUNEROLI, 2010).

De acordo com Mascaró (2004), ao substituir as árvores por asfalto, tijolos e concretos, acaba fazendo com que a radiação solar diurna e a reflexão noturna tenham facilidade de absorção, gerando com isso a formação do fenômeno das “ilhas de calor”. Com o crescimento da área urbana pelas construções de edificações e indústrias, a arborização vem perdendo espaço, gerando um desconforto na ambiência urbana.

O impacto mais significativo que existe nos ambientes urbanos são as alterações climáticas. As áreas, densamente construídas nas cidades, apresentam temperaturas mais elevadas quando comparadas com outras menos edificadas, favorecendo, assim, a formação das “ilhas de calor”, interferindo na qualidade de vida da população. Diante disso, os estudos relacionados ao clima urbano tornam-se bastante importantes, tendo em vista que o ser humano sempre está buscando uma qualidade de vida melhor e um conforto ambiental favorável (LEAL, 2012; CRUZ, 2009).

Atualmente, um dos grandes problemas nas cidades é a liberação do gás carbônico (CO₂) para a atmosfera e a principal causa deste acontecimento é a queima de combustíveis fósseis, as queimadas e os desmatamentos. Sendo assim, cada vez mais, é necessário valorizar a vegetação, pois ela é uma das formas de reter o gás carbônico (NOBRE, 2004).

Nesse contexto, a vegetação é essencial para amenizar as temperaturas mais elevadas e pela diminuição da velocidade do vento, entre outros benefícios. Assim, a pesquisa busca responder aos seguintes questionamentos: Existe variação de conforto térmico entre ruas arborizadas, ruas sem arborização e áreas verdes? O quanto de carbono é sequestrado da atmosfera pela arborização das áreas em estudo?

Tendo em vista que o conforto térmico das ruas, praças e locais públicos das cidades originam-se através de uma boa arborização que propicia um clima local agradável, a pesquisa verificará as possíveis diferenças climáticas entre locais arborizados e não arborizados da cidade de Catolé do Rocha - PB, acrescentando conhecimento científico que possa ser ampliado para a população sobre a importância do componente arbóreo no bem-estar dos municípios.

É de fundamental importância que exista uma preocupação dos dirigentes em relação ao crescimento urbano, criando projetos que contemplem o planejamento paisagístico para cidade, pois a arborização urbana promove benefícios ao equilíbrio local, contribuindo com a conservação do meio ambiente. Por isso, é necessário estudos específicos sobre a importância da arborização e suas características individuais sobre diferentes ambientes, a fim de esclarecer determinadas funções que o ambiente arborizado pode proporcionar à população.

Esses estudos não se destacam apenas em relação à relevância para os aspectos urbanísticos e climáticos, mas, sobretudo, no sequestro do gás carbônico da atmosfera, tema bastante discutido atualmente em todos os países. Portanto, a pesquisa irá colaborar para a percepção dos índices de conforto térmico desenvolvidos numa área de clima quente e seco, de modo a auxiliar as decisões em projetos de arborização que tenham em vista melhorar a qualidade ambiental e energética no local construído, além de estimar a captura do carbono pela arborização urbana.

Com o intuito de avaliar a diferença climática entre ruas arborizadas e não arborizadas e áreas verdes da cidade de Catolé do Rocha–PB, a presente pesquisa tem como objetivo estimar o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), o Índice de Calor (IC) e estimar a captura do carbono pelas árvores mais representativas das áreas amostrais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Arborização urbana

Definida como qualquer vegetação que compõe a paisagem ou o cenário urbano, a arborização urbana é um dos mais importantes componentes bióticos das cidades, podendo ser dividida em algumas áreas verdes como os bosques, jardins, parques, praças e a arborização das vias pública, os famosos canteiros (HACK et al., 2005; COPEL, 2015).

Nos locais urbanos a vegetação é um dos elementos essenciais responsáveis pela purificação do ar, absorvendo gases tóxicos, poeiras e outros materiais residuais; pela conservação do equilíbrio térmico, diminuindo as temperaturas, mantendo a umidade do solo ou suavizando a velocidade do vento; pela diminuição dos ruídos; cooperando para valorização paisagística dos imóveis e histórico-cultural das cidades. Além desses benefícios serem de suma importância na medicina popular, no complemento alimentar e na preservação da erosão e constitui aqui a opção de lazer e conforto para a comunidade (MASCARÓ; MASCARÓ, 2002).

Implantada de maneira correta, a arborização urbana é de fundamental importância, pois realiza funções que melhoram a qualidade do ambiente, minimizando o efeito gerado pelas ações antrópicas causado pela expansão das cidades, favorecendo um maior conforto para a população (SANCHOTENE, 1994; JACINTO, 2001).

A arborização urbana é considerada o método mais natural para a mitigação das consequências nocivas da intensa radiação solar à saúde humana. Ao planejar a arborização urbana deve-se levar em conta diferentes critérios, como forma e disposição das raízes, altura da árvore adulta, estética e outros. Contudo, praticamente não se tem considerado o conforto térmico urbano como parte dessa análise (FERREIRA; HERRMAN, 2016).

Para Silva e Gonçalves (2012), para conseguir alcançar de uma forma eficiente todos os benefícios que a arborização urbana possa proporcionar é necessário que se faça um planejamento e se ter o conhecimento do patrimônio arbóreo existente, por meio de inventário. A realização do inventário é importante, pois, além de conhecer o patrimônio arbóreo, é possível identificar as necessidades de manejo e as condições atuais das espécies arbóreas.

De acordo com Paiva e Gonçalves (2002), pequenos grupos de árvores ou árvores isoladas estão localizados em quase todo ambiente urbano, inclusive, em lugares que contenham edificações. Andrade (2002), em seus estudos, relata que essas árvores são

adubadas e cultivadas como indivíduo, sendo designadas para preencherem espaços em sua forma dendrológica e, com isso, seu formato individual e sua beleza excêntrica são exclusivamente trabalhados para o planejamento arquitetônico do local.

Para Magalhães (2006), as florestas urbanas estão localizadas em áreas bem maiores e contínuas, constituindo um ecossistema característico que estabelece as relações específicas com a água, nutrientes, fauna, solo e outros componentes ambientais, também por serem conectadas à atividade da silvicultura. Portanto, a implantação da arborização urbana, assim como a distribuição das espécies em todos os ambientes, necessita de profissionais bem capacitados. Várias pessoas tendem a prezar apenas para o quesito da beleza, porém, mesmo que esse seja muito importante, existem também outros aspectos que precisam ser respeitados com intuito de que a arborização favoreça ao bem-estar da população e não trazendo qualquer transtorno (GRAZIANO, 1994).

2.2 Benefícios da arborização urbana

Independentemente de ser em grandes centros urbanos ou em pequenas cidades, a arborização das cidades se mostra como um elemento de relevância para a garantia da qualidade de vida da população, já que acaba controlando muitos efeitos adversos do ambiente urbano, tornando-o melhor, tanto ecologicamente quanto esteticamente. Devido às diversas características que a vegetação no ambiente urbano pode proporcionar, algumas delas contribuem significativamente para a melhoria de vida da população (MONTROYA VILCAHUAMAN; BAGGIO, 2000).

Dentre essas características, destacam-se o equilíbrio ambiental, purificação do ar pela fixação dos gases tóxicos e poeiras, como também pela reciclagem de gases através do mecanismo fotossintético. Além da melhoria do microclima da cidade, por originar sombra e reter a umidade do solo e do ar, evita o contato direto das pessoas com os raios solares, reduzindo a velocidade do vento, favorecendo a infiltração da água no solo, proporcionando uma evapotranspiração mais lenta, influenciando no balanço hídrico, abrigando a fauna, fazendo com que uma variedade maior de espécies circule por esse ambiente, acontecendo um maior equilíbrio das cadeias alimentares e diminuindo as pragas e agentes causadores de doenças, além de amortecer ruídos oriundos do meio urbano (SANTOS; TEIXEIRA, 2001).

Conforme Pivetta e Silva Filho (2002), ainda acrescentam à arborização urbana um papel muito importante nas cidades como proteção, direcionamento do vento, suavização do

som, amenizando a poluição sonora e o bem-estar psicológico ao homem, melhor efeito estético e a redução do impacto da água de chuva e seu escoamento superficial.

A arborização das cidades adota um papel muito importante no bem-estar e na qualidade de vida da população, representando um dos do homem com a natureza, colaborando de modo significativo como elemento essencial para o equilíbrio do ambiente artificial onde se está inserida. Entretanto, ela não só representa os papéis relacionados ao embelezamento do ambiente, como também tem a capacidade de exercer funções ecológicas de grande importância (KERN; SCHMITZ, 2013; GONÇALVES, 2015).

Uns dos fatores mais importantes para a qualidade do ar no ambiente urbano é a arborização. Cerca de 80% de partículas inaláveis que são emitidas por máquinas que funcionam a diesel, são retidas por uma cortina de árvores.

Conforme Furtado e Melo Filho (1999), todos os elementos cuidadosamente paisagísticos devem ser trabalhados de maneira que venha interferir no projeto integrado com aspectos positivos, que venham oferecer sombreamento da edificação e adjacências, melhoria na qualidade do ar e controle da ventilação e da umidade. Ainda segundo esses autores, o que causa o desconforto térmico em uma edificação é a radiação solar e a temperatura do ar exterior, sendo obrigatório um controle rigoroso dos elementos microclimáticos que venham a eliminar esse excesso de energia que deixaria esse ambiente construído inóspito.

2.3 Conforto térmico ambiental

O estado em que uma pessoa ou indivíduo tem vontade de alterar sua interação térmica com o meio é conhecido como conforto térmico. Essa estabilidade térmica é um grau ideal de comodidade, como também de adaptação, pois ajuda em um melhor desempenho das atividades (SCHMID, 2005).

Para Rivero (1985) existe duas definições para conforto, sendo a primeira àquela que explica que quando a mente de uma pessoa expressa um bom grau de satisfação em relação ao ambiente térmico acontece o conforto térmico; em contrapartida, a segunda definição ressalta que o conforto térmico de um indivíduo se define quando o sistema termorregulador está em mínima tensão com as condições do meio.

O conforto ambiental consiste no conjunto de fatores que incluem o conforto térmico e os outros componentes como qualidade do ar, a luminosidade e ruídos. Esta é uma área de investigação muito importante, onde se busca entender de que forma são influenciadas as

condições do meio, sejam elas positivas ou negativas diante da percepção do conforto humano (GONÇALVES et al., 2007).

Lyra (2007) relata algumas considerações essenciais que interligam a fisiologia humana com o meio ambiente:

a) Por ser um animal homeotérmico, o ser humano mantém entre 36,5°C e 37°C a temperatura do seu corpo. E o resultado do equilíbrio do ser humano entre a produção e a perda de calor vem da temperatura interna de seu corpo. Quando existe uma menor perda de calor do que a produção acontece o aumento da temperatura do corpo e assim os sistemas termorreguladores são imediatamente acionados: sudorese e respiração arfante e a dilatação dos vasos sanguíneos. E é nesse caso que o desconforto por calor começa a aparecer no indivíduo;

b) Ao contrário da situação anterior, se a perda de produção é menor que a perda de calor, acontece a diminuição da temperatura do corpo e, assim, os sistemas termorreguladores são acionados: piloereção e aumento da produção do hormônio tireóideo, estimulação dos nervos simpáticos para aumentar as taxas de metabolismo das células, tremores musculares, vasoconstrição da pele (aumenta a taxa de produção de calor). E é nesse momento que o indivíduo irá sentir o desconforto por frio;

c) Seja por frio ou por calor, o desconforto térmico influencia no desempenho de qualquer atividade e no nível de satisfação dos habitantes de um ambiente e, em determinada situação extrema, leva a morte ou pode ocasionar alterações à sua saúde. De acordo com a questão fisiológica, o conforto térmico ou a sensação térmica de um corpo se daria quando um ambiente estivesse em uma neutralidade térmica, ou seja, quando o corpo ganhasse ou perdesse calor sem ativar os mecanismos termorreguladores.

Os estudos de Lamberts, Dutra e Pereira (1997), assim como os de Ruas (1999), revelam a existência de dois grupos de variáveis que sofrem influência no conforto térmico, os grupos de natureza pessoal e os grupos de natureza ambiental. Ainda de acordo com os autores, variáveis de natureza pessoal incluem o tipo de vestimenta (que está relacionada ao isolamento térmico da pessoa) e o tipo de atividade física que estava sendo desenvolvida (que se relaciona a taxa de metabolismo). Já as variáveis de natureza ambiental são a temperatura radiante média, temperatura do ar, a velocidade do vento e a umidade relativa do ar.

2.4 Conforto térmico na zona urbana

Dentre vários benefícios que a vegetação pode proporcionar à zona urbana, o mais importante é o restabelecimento entre o homem e o meio natural, garantindo uma qualidade de vida bem mais agradável para o ser humano (PIVETTA; SILVA FILHO, 2002).

Os pesquisadores Lois e Labaki (2001) confirmaram em suas pesquisas que as atividades, passivas ou ativas dos habitantes urbanos, sejam elas desenvolvidas em espaços abertos e que tenha aspectos relacionados ao conforto humano, necessitam de que o ambiente possua um conforto térmico adequado.

Conforme Castro (1999) e Bueno (2003), no espaço urbano as ameaças ao conforto térmico advém de alterações climáticas que vem acontecendo, decorrentes das modificações nas características térmicas da superfície, devido a impermeabilização que o solo vem sofrendo por causa das pavimentações e construções, das taxas de evaporação, crescimento acelerado das concentrações de poluentes devido a ação antrópica que vem aumentando a cada dia e um dos principais motivos é a ausência de vegetação. Ainda conforme os autores, isso vem provocando uma incidência direta dos raios solares sobre as edificações, que é devolvido para o ambiente em forma de calor; que por sua vez, devido às condições do ambiente, tem sua dissipação reduzida, isso vem fazendo com que as cidades se transformem em verdadeiras estufas, causando um efeito drástico, dando origem ao fenômeno que é conhecido como “ilhas de calor”.

Os grandes centros urbanos vêm sofrendo com as variações do clima e o principal responsável por essas alterações é a falta de vegetação, uma vez que a melhor garantia do clima urbano ideal vem das características fundamentais que uma árvore ou o conjunto dela pode oferecer (ABREU, 2008).

De acordo com Silva (2009), a variação das escalas climáticas é devido à influência da vegetação, entretanto, para a caracterização urbana de um local o clima possui na escala microclimática seu principal grau de interferência. Já para Lima (2009), quando a arborização está presente nas áreas urbanas cria um microclima que difere de áreas que são escassas de arborização.

2.5 Índice de calor

O rápido crescimento urbano tem dado origem a formação do fenômeno conhecido como “ilhas de calor”, que a partir de mudanças da atmosfera local e da superfície devido às transformações da cobertura do solo pela construção de edifícios, casa, retirada da cobertura vegetal, impermeabilização do solo por asfalto e concreto da ação antrópica. Estas condições

favorecem a captura dos raios solares, proporcionando o crescimento expressivo da irradiação do calor para o ambiente urbano, comparando com os ambientes rurais e periféricos (TEZA; BAPTISTA, 2005).

Santamouris (2001) afirma que o conceito ideal para o fenômeno “ilhas de calor” está relacionado às importantes alterações espaciais e temporais, como a topografia e condições do clima. Para Amorim (2005), um dos parâmetros mais importantes para a caracterização da ilha de calor é a sua magnitude ou intensidade, devido à máxima diferença encontrada num determinado momento entre a temperatura local da cidade, com muitas construções e outro ambiente com menos construções ou até mesmo no meio rural.

Segundo Gartland (2008), as pesquisas relacionadas ao fenômeno “ilhas de calor” só tiveram início no século XIX na Europa, com pesquisas pioneiras realizadas em várias cidades, especialmente em Londres, onde se foi registrado a primeira evidência de uma ilha de calor em 1818 por causa do excesso de calor artificial ali existente. Os primeiros dados obtidos por satélites para mapear uma ilha de calor aconteceram em 1978 na região de Buffalo-NY.

Nos dias atuais, esses métodos que identificam uma ilha de calor são efetivados através de registradores contínuos de umidade relativa do ar e temperatura (data-loggers), imagens de satélites e balões meteorológicos (FIALHO, 2012).

Existem várias maneiras de investigar as ilhas de calor. O uso de dados oriundos de estações oficiais meteorológicas (como exemplo, do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET) e por coleta realizada pelo pesquisadores, sendo estes os métodos mais recomendados devido à confiabilidade do real valor dos dados (MONTEIRO; MENDONÇA, 2003).

2.6 Desconforto humano

As comunidades urbanas vêm sofrendo uma série de prejuízos sociais, econômicos e de qualidade de vida, devido às condições que se encontram nesses ambientes. E no que se refere à qualidade climatológica, é explícita a diferença significativa entre o clima encontrado no ambiente rural com o ambiente urbano, ou seja, na cidade o clima sofre uma série de influências devido ao formato da estrutura urbana. Entretanto, a qualidade climática para o ambiente urbano pode ser adquirida se os parâmetros físicos juntamente com os dados ambientais para zona urbana forem observados (PEZZUTO, 2007).

A satisfação do conforto térmico depende muito do ambiente e de vários fatores que vão influenciar para que esses aspectos físicos e que estão relacionados ao procedimento de trocas de calor: radiação, convecção, condução e evaporação, que trazem ganhos e perdas de energia ao organismo com o meio, devido a influências das variações meteorológicas como umidade, temperatura, radiação e movimento do ar que são determinantes para uma menor ou maior sensação de conforto térmico (MARCONDES, 1981).

Também devem ser consideradas as variáveis fisiológicas e psicológicas que dependem dos indivíduos de acordo com suas preferências e percepções térmicas. “O homem vive em um ambiente onde é o produto de sua atividade, onde a análise é realizada de acordo com a natureza das relações sociais existentes”. Com isso, pode se concretizar que o ser humano é o maior agente causador de danos à natureza e, para atender suas necessidades, é submetido a elementos climáticos, principalmente quando se fala em moradia e alimentação (MARCONDES, 1981).

2.7 Captura do carbono

De acordo com os dados contidos na Farmus (2011), com base nas emissões de gases poluentes, a presença das árvores na zona urbana é de extrema importância para melhorar a qualidade ambiental da cidade, pois pela função clorofítica acontece a purificação do ar. Segundo esse autor, isso acontece devido à realização do processo da fotossíntese, que é realizada a partir da captação da luz solar, fazendo com que as árvores absorvam o gás carbono e eliminem o oxigênio. Com base nisso, ele considera que a função clorofítica é o único meio conhecido que regenera o principal elemento de respiração que é o oxigênio, reforçando a ideia de que a preservação e criação de áreas vegetadas nas cidades é muito importante para a melhoria de qualidade de vida do ser humano.

Foi consagrado no ano de 1997 na conferência de Kyoto o conceito de sequestro de carbono, cujo principal objetivo era reverter e conter o acúmulo de Gases de Efeito Estufa (GEEs) no ambiente atmosférico, com intuito a reduzir o efeito estufa antrópico. O termo sequestro de carbono no princípio é aplicado a áreas florestais que estejam em risco de serem destruídas, a florestas degradadas que precisam ser recuperadas e a construção de novos povoamentos florestais, assim como também a implementação de sistemas agroflorestais que possuam espécies nativas ou exóticas (CHANG, 2004).

Durante o processo da fotossíntese, os ecossistemas acumulam na sua biomassa o carbono retirado da atmosfera. Quando as plantas absorvem o gás carbônico, ao usarem a

água e a energia emitida pelos raios solares, o gás carbônico é convertido em glicose ($C_6H_{12}O_6$). A liberação do oxigênio (O_2) é dada durante a produção da biomassa (RENNER, 2004).

É através do processo da fotossíntese realizado pelas árvores que o carbono se torna disponível para os seres vivos. Devido as ações antrópicas gerarem grandes concentrações de CO_2 , fizeram com que o poder público discutisse as formas existentes de diminuir as emissões, de maneira que não atrapalhe o avanço da economia (BARRETO, FREITAS, PAIVA, 2009).

Para que o dióxido de carbono seja absorvido deve ser considerado o tempo entre o crescimento rápido das plantas e a sua morte e decomposição. Com isso, as florestas são de grande importância para que ocorra o equilíbrio do balanço global do gás carbônico. A captura do carbono ocorre somente quando as plantas e a floresta estão em estágio de crescimento, formando assim um atrativo importante para a restauração dos ecossistemas naturais em áreas degradadas por causa da regeneração, com aumento considerável da biomassa e, portanto, o estoque de carbono fixado (WATZLAWICK et al., 2004).

A implementação ou restauração de áreas gera oportunidade de interesses voltados aos planejamentos de projetos de preservação, conservação ou recuperação de áreas degradadas. Quando se fala de fixação de carbono, as áreas reflorestadas são vistas com muito interesse, por causa da sua eficácia na fixação e captação do CO_2 (WATZLAWICK et al., 2002; AMBIENTE BRASIL, 2005)

A determinação da variável biomassa deve ser estimada de forma legítima, pois, caso contrário, não ocorrerá coerência na quantificação do carbono fixado nos ecossistemas florestais. É muito importante conhecer os reais teores de carbono que existem dentro de um bioma, para a elaboração de projetos ambientais direcionados ao sequestro de carbono. Na maioria das vezes é usado um valor fixo de 50%, o que geralmente induz a grandes erros de estimativas (SANQUETTA; BALBINOT, 2004; KOEHLER et al., 2002).

Nicodemo e Primavesi (2009) destacaram que a arborização urbana propicia vários benefícios ambientais e o sequestro de carbono, em especial, é o potencial que seria uma ferramenta importante como subsidio para as políticas públicas, sendo que estaria aperfeiçoada na relação de valor, levando em consideração que as mudanças que ocorrem nos processos ecológicos modificam a qualidade ambiental e reflete na comunidade urbana.

2.8 Métodos de cálculos para estimar o carbono

De acordo com Gatto et al. (2011) existem alguns métodos para estimar a biomassa e quantificar o estoque de carbono orgânico em árvores, com análise destrutiva através do método direto com o abate das árvores. Já a não destrutiva utiliza métodos indiretos que incluem até a estimativa por processamento digital de imagens por satélite. O uso das equações alométricas para obter a estimativa do estoque de carbono nas árvores é comum, mas bastante eficaz, especialmente em reflorestamentos com espécies comerciais (SOARES; OLIVEIRA, 2002; PAIXÃO et al., 2006; GATTO et al., 2011).

Para estimar o estoque de carbono em um povoamento equiâneos de *Acacia mearnsii* na região da encosta Sudeste no Rio Grande do Sul, foi utilizado o método de derivação do volume em biomassa e carbono. Schneider et al. (2005) afirmaram que esse método foi eficiente para determinar o estoque de carbono, consideraram todas as amostragens, independentemente da idade dos povoamentos. Esses autores usaram a expressão:

$$C_i = \sum_{i=1}^n \{(V_i * D_{bi} * C_c) / P_{bi}\} \text{ para essa estimativa.}$$

Em que

C_i - carbono estocado na i -ésima idade ou tipo florestal;

V_i - estoque real inventariado na i -ésima idade ou tipo florestal, em $m^3 \text{ ha}^{-1}$;

D_{bi} - densidade básica da madeira da i -ésima idade, em g/cm^3 ;

P_{bi} - proporção de biomassa do tronco com casca em relação à biomassa total na i -ésima idade ou tipo florestal;

C_c - concentração de carbono;

n = número de idades ou tipos florestais.

2.9 Métodos para estimar a biomassa arbórea viva

Atualmente, para obter estimativa da biomassa em áreas florestais são usados, principalmente, dados de inventário florestal que são empregados fatores e equações de biomassa e que transformam dados de volume, altura e diâmetro em estimativas da biomassa (SOMOGYI et al., 2006).

Somogyi et al. (2006) asseguram que existem dois métodos para estimativa de biomassa que podem ser realizados indiretamente quando se trabalha em campo. A primeira é

a utilização de volume das árvores ou talhões e a multiplicação por fator de forma apropriado, denominando, assim, fatores de biomassa que transformam as estimativas de volume da árvore ou talhão para estimar a biomassa, possuindo a fórmula $B = P * BF$, em que B - biomassa em kg ou ton, P - parâmetro de uma árvore ou talhão (Ex, volume em m³) e BF - fator da biomassa empregado na conversão.

Outro modelo para obter a estimativa de forma indireta da biomassa é utilizando o ajuste da equação pelo uso de métodos de regressão. Segundo Koehler, Watzlawick e Kirchner (2002) esse é o processo que é usado comumente, no qual se usa as amostras de algumas árvores, o peso de cada elemento verificado e aplicado por meio de regressão, tendo a fórmula $[B = f (P1, P2, p1, p2,...)]$ em que B - biomassa em kg ou ton, P - variáveis dendrométricas disponíveis (Ex, diâmetro e altura) e p - parâmetros do modelo.

Segundo Atazadeh (2011), alometria vem do grego *allos* “outros” e *metron* “medida” que é a relação entre a altura ou o número de organismos e seus componentes. Sendo que desse modo, as equações alométricas são inventadas para poder estimar as variáveis de difícil mensuração (como a biomassa e o carbono florestal) utilizando o uso de outras variáveis de fácil acesso (tal como os dados de satélite ou DAP). É natural se pensar que isto implica em erros e que estes são dependentes da metodologia utilizada e do grau de precisão estabelecido.

REFERÊNCIAS

ABREU, L. V. de. **Avaliação da escala de influência da vegetação no microclima por diferentes espécies arbóreas**. 2008, 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

AMORIM, M. C. C. T. Ilhas de calor em Birigui/SP. **Revista Brasileira de Climatologia**, vol. 1, n. 1, p. 121, 2005.

AMBIENTE BRASIL. **Sequestro de carbono na Amazônia e o ZEE**. Disponível em: <http://ambientes.ambientebrasil.com.br/mudancas_climaticas/artigos/seq%C3%BCetro_de_carbono_na_amazonia_e_o_zee.html>. Acesso em: 19 fev. 2017.

ANDRADE, T. O. **Inventário e análise da arborização viária da Estância Turística de Campos do Jordão, SP**. 2002. 112 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

ATAZADEH, I. **Biomass and remote sensing of biomass**. Intech: Rijeka, Croatia. 2011. 272p.

BARRETO, L. V.; FREITAS, A. C. S.; PAIVA, L. C. Sequestro de carbono. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, N.07, 2009, ISSN 1809-058351. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2009/sequestro.pdf>>. Acesso em: 26 mar 2017.

BUENO, C. L. **A influência da vegetação no conforto térmico urbano e no ambiente construído**. 2003, 186 f. Tese (Doutorado em Saneamento e Ambiente) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

CASTRO, L. L. F. L. **Estudo de parâmetros de conforto térmico em áreas verdes inseridas no ambiente urbano**. Dissertação (Mestrado em Saneamento e Ambiente) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA. **A arborização urbana**. Disponível em: <http://www.copel.com/hpcopel/guia_arb/a_arborizacao_urbana.html>. Acesso em: 26 fev. 2018.

CHANG, M. Y. **Sequestro florestal do carbono no Brasil: dimensões políticas, socioeconômicas e ecológicas**. 2004. 276 f. Tese (Doutorado em Meio Ambiental e Desenvolvimento) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

CRUZ, G. C. F. da. **Clima urbano de Ponta Grossa – PR: uma abordagem da dinâmica climática em cidade média subtropical brasileira**. 2009. 366 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

FEDERAÇÃO DAS ASSOCIAÇÕES DE MUNICÍPIOS DO RIO GRANDE DO SUL. **Orientações básicas para manejo da arborização urbana: planejamento e educação ambiental**. Porto Alegre: Nova Prova, 2001. p. 104.

FERREIRA, R. C.; HERRMAN, C. R. A. Influência de espécies arbóreas no microclima e conforto térmico de seu entorno imediato sob condições climáticas do cerrado goiano. **REVSBAU**, v.11, n.1, p. 14-33, 2016.

FIALHO, E S. **Ilha de calor**: Reflexões acerca de um conceito. ACTA Geográfica, Boa Vista, Ed. Esp. Climatologia Geográfica, 2012. pp.61-76

FURTADO, A. E.; MELLO-FILHO, L. E. A interação microclima, paisagismo e arquitetura. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v.7, n.3, 1999.

GARTLAND, L. **Ilhas de calor como mitigar zonas de calor em áreas urbanas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

GATTO, A. et al. Estoque de carbono na biomassa de plantações de eucalipto na região centro-leste do estado de Minas Gerais. **Revista Árvore**, v.35, n.4, p.895-905, 2011.

GONÇALVES, W. Florestas Urbanas. **Ação Ambiental**, v. 9, p. 17 -19, 2000.

GONÇALVES, W. **Diagnose qualitativa de florestas urbanas**. Viçosa: o autor, 2015. 93p.

GONÇALVES, A. et al. A avaliação da influência dos espaços verdes no conforto térmico urbano. In: CONFERÊNCIA NACIONAL DO AMBIENTE, 4, 2007, Portugal. **Anais...** Portugal: Universidade de Aveiro, 2007. p. 1357 - 1362.

HACK, C. et al. Análise fitossociológica de um fragmento de floresta estacional decidual no município de Jaguari-RS. **Ciência Rural**, V. 35, n. 5, p. 1083-1091, 2005.

HIGUCHI, N.; CARVALHO, J. A. Fitomassa, e conteúdo de carbono de espécies arbóreas da Amazônia. In: SEMINÁRIO EMISSÃO X SEQUESTRO DE CO₂: UMA NOVA OPORTUNIDADE DE NEGÓCIOS PARA O BRASIL, 1994, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Companhia Vale do Rio Doce, 1994. p. 125-153.

HOSOKAWA, R. T.; MOURA, J. B.; CUNHA, U. S. **Introdução ao manejo e economia de florestas**. Curitiba: Ed. da UFPR, p. 164 1998.

JACINTO, J. M. M. **Análise silvicultural urbana de seis espécies florestais utilizadas na arborização de Brasília**. 55f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Departamento de Engenharia Florestal. Faculdade de Tecnologia, UnB, Brasília, 2001.

KERN, D. I.; SCHMITZ, J. A. K. Arborização de vinte quarteirões amostrados na região central de Santa Cruz do Sul- RS. **Revista Brasileira de Arborização Urbana**, v.8, n.3, p.79-95, 2013.

KOEHLER, H. S.; WATZLAWICK, L. F.; KIRCHNER, F. F. Fontes e níveis de erros nas estimativas do potencial de fixação de carbono. In: SANQUETTA, C. R. et al. (Ed.). **As florestas e o carbono**. Curitiba, [s.n.], 2002. p. 251-264.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW, 1997. 192 p.

- LEAL, L. **A influência da vegetação no clima urbano da cidade de Curitiba – PR.** 2012. 172 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.
- LIMA, D. C. R. **Monitoramento e desempenho da vegetação no conforto térmico em espaços livres urbanos:** o caso das praças de Maringá/PR. 2009, 170 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009.
- LOIS, E.; LABAKI, K. L. C. **Conforto térmico em espaços externos:** uma revisão. Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, São Pedro, 2001. p. 209-212.
- LOMBARDO, M. A. **Ilhas de calor nas metrópoles:** o exemplo da cidade de São Paulo. São Paulo: Hucitec, 1985. p. 244.
- LYRA, D. S. F. M. **Aplicabilidade de índices de conforto térmico: um estudo de caso em Salvador – BA.** 2007. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) - Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2007.
- MAGALHÃES, L. M. S. Arborização e Floresta Urbanas: terminologia adotada para a cobertura arbórea das cidades brasileiras. **Floresta e Ambiente**, Seropédica v. 1, p. 23-26, 2006.
- MARCONDES, E. **Ecopediatria:** a força do ambiente sobre a saúde da criança. São Paulo: Sarvier, 1981, p. 224
- MASCARÓ, L. **Ambiência urbana:** urban environment. 2.ed. Porto Alegre: +4 Editora, 2004, p. 199.
- MASCARÓ, L.; MASCARÓ, J. **Vegetação urbana.** Porto Alegre: Editora da UFRS, 2002, 242 p.
- MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. **Clima urbano.** São Paulo: Editora Contexto, 2003. 192 p.
- MONTOYA VILCAHUAMAN, L.J.; BAGGIO, A.J. **Guia prático sobre arborização de pastagens.** Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 16p. (Documentos, 49).
- MUNEROLI, C. C.; MASCARÓ, J. J. Arborização urbana: uso de espécies arbóreas nativas na captura do carbono atmosférico. **Revista brasileira de arborização**, v.5, n.1, p.160-182, 2010.
- NICODEMO, M.L.F.; PRIMAVERSI, O. **Porque manter árvores na área urbana?** São Carlos: EMBRAPA, 2009. p. 41.
- NOBRE, C. A. O aquecimento global e o papel do Brasil. **Revista Ciências Hoje**, v. 36, n. 211, p.38-40, 2004.
- PAIVA, H. N.; GONÇALVES, W. **Floresta urbanas:** planejamento para melhoria da qualidade de vida. Coleção Jardinagem e Paisagismo. Viçosa: Aprenda Fácil, 2002. 180 p.

PAIXÃO, F. A. et al. Quantificação do estoque de carbono e avaliação econômica de diferentes alternativas de manejo em um plantio de eucalipto. **Revista Árvore**, v.30, n.3, p.411-420, 2006.

PEZUTTO, C.C. **Avaliação do ambiente térmico nos espaços urbanos abertos. Estudo de caso em Campinas, SP.** 2007. 182 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2007.

PIVETTA, K. F. L.; SILVA FILHO, D. M. Arborização Urbana. **Boletim Acadêmico.** Série Arborização Urbana. UNESP/FCAV/FUNEP, 2002, 69 p.

RENNER, R. M. **Sequestro de carbono e a viabilização de novos reflorestamentos no Brasil.** 2004. 147 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

RIVERO, R. **Arquitetura e clima:** acondicionamento térmico natural. Porto Alegre: D.C. Luzzato Editores, 1985. 239 p.

RUAS, A. C. **Avaliação de conforto térmico: contribuição à aplicação prática das normas internacionais.** 1999. 71 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

SALOMÃO, R. P.; NEPSTAD, D. C.; VIEIRA, I. C. G. Como a biomassa de florestas tropicais influi no efeito estufa? **Ciência Hoje**, v. 21, n. 123, p. 38-47, 1996.

SANCHOTENE, M. C. C. Desenvolvimento e perspectivas da arborização urbana no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 1994, São Luis. **Anais...**, Sociedade Brasileira de Arborização Urbana; 1994. p. 15-25.

SANTAMOURIS, M. E. **Energy and climate in the urban environment.** Londres: James & James, 2001. p. 402.

SANTOS, N. R. Z.; TEIXEIRA, I. F. **Arborização de vias públicas:** ambiente x vegetação. RS: Clube da árvore, Ed. Pallotti, 2001. p. 135.

SANQUETTA, C. R.; BALBINOT, R. Metodologias para determinação de biomassa florestal. In: SANQUETTA, C. R. et al. (Ed.). **Fixação de carbono:** projetos, perspectivas e atualidades. Curitiba: UFPR/ECOPLAN, 2004. p. 77-93.

SOARES, C. P. B.; OLIVEIRA, M. L. R. Equações para estimar a quantidade de carbono na parte aérea de árvores de eucalipto em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, v.26, n.5, p.533-539, 2002.

SCHMID, A. L. **A ideia de conforto:** reflexões sobre o ambiente construído. Curitiba: Pacto Ambiental, 2005. 338 p.

SCHNEIDER, P. R. et al. Determinação indireta do estoque de biomassa e carbono em povoamentos de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild). **Ciência Florestal**, v. 15, n. 4, 2005.

SILVA, A. G.; GONÇALVES, W. Inventário e Diagnóstico da Arborização da Cidade de Cajuri, MG. **Enciclopédia Biosfera**, v.8, n.15; p. 1102-1113, 2012.

SILVA, C. F. **Caminhos bioclimáticos: desempenho ambiental de vias públicas na cidade de Terezina, PI**. 2009, 140 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

SOMOGYI, Z. et al. Indirect methods of large forest biomass estimation. **Europe Journal Forest Research**, v. 126, n. 2, p. 197 – 207, 2007.

TEZA, C. T. V.; BAPTISTA, G. M. de M. Identificação do fenômeno ilhas urbanas de calor por meio de dados ASTER on demand 08 – Kinetic Temperature (III): metrópoles brasileiras. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12. 2005, Goiânia. **Anais do XII SBSR**. Goiânia: INPE, 2005, p. 3911-3918.

WATZLAWICK, L.F.; et al. Quantificação de biomassa total e carbono orgânico em povoamentos de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze no Sul do Estado do Paraná, Brasil. **Revista Acadêmica**, v 1, n 2, p. 20, 2002.

WATZLAWICK, L. F. et al. Teores de carbono em espécies da Floresta Ombrófila Mista. In: SANQUETTA, C.R.; BALBINOT, R.; ZILIOOTTO, M. A. B. (EDS.). **Fixação de carbono: atualidades, projetos e pesquisa**. Curitiba: UFPR/Laboratório de Inventário Florestal: Instituto Ecoplan: PELD, 2004. p. 95-109.

CAPÍTULO I:

**AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE (ITU) E A
PERCEPÇÃO DA POPULAÇÃO QUANTO AO CONFORTO TÉRMICO**

AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE TEMPERATURA E UMIDADE (ITU) E A PERCEPÇÃO DA POPULAÇÃO QUANTO AO CONFORTO TÉRMICO

RESUMO

O avanço da qualidade de vida urbana é devido ao planejamento dos limites das áreas verdes. O presente estudo objetivou estimar o índice de conforto térmico e o índice de calor em áreas arborizadas e sem arborização na cidade de Catolé do Rocha-PB. Para avaliar as condições de conforto térmico na cidade foram selecionadas, através de imagens de satélite do Google Earth, as seguintes áreas amostrais: Ruas arborizadas (3), Ruas sem arborização (3) e Áreas verdes (3 praças principais), totalizando nove áreas amostrais, para isso foram utilizados os índices de temperatura e umidade (ITU) e o índice de calor (IC), sendo medidas *in loco* as variáveis meteorológicas, temperatura do ar (°C) e a umidade relativa do ar (%), com auxílio de termohigrômetros. Na rua sem arborização, a grande parte dos entrevistados responderam que estavam sentindo desconforto para o calor (83,0%) e apenas 2% responderam sentir desconforto para o frio, 15% das pessoas estavam confortáveis. A distribuição mais densa e estratificada nas praças da cidade interfere positivamente na interceptação da radiação solar e na redução da temperatura do ar, alterando a sensação térmica da população que indica menor desconforto com o calor nesses ambientes.

Palavras-chave: Mesorregião Sertão da Paraíba, Índice de calor, Desconforto térmico

EVALUATION OF THE TEMPERATURE AND MOISTURE INDEX (ITU) AND THE PERCEPTION OF THE POPULATION AS TO THERMAL COMFOR

ABSTRACT

The advancement of the urban quality of life is due to the planning of the limits of the green areas. The present study aimed to estimate the thermal comfort index and the heat index in forested and non-afforested areas in the city of Catolé do Rocha-PB. In order to evaluate the thermal comfort conditions in the city, the following sample areas were selected through satellite images of Google Earth: Tree-lined streets (3), Streets with no greening (3) and Green areas (3 main squares), totaling nine areas. The temperature and humidity indexes (ITU) and the heat index (CI) were used for this purpose. In situ measurements were the meteorological variables, air temperature (°C) and relative humidity (%), with aid of thermohygrometers. In the street without trees, most of the respondents answered that they were feeling discomfort for the heat (83.0%) and only 2% said they felt discomfort in the cold, 15% of people were comfortable. The more dense and stratified distribution in the city squares positively interferes with the interception of solar radiation and the reduction of air temperature, altering the thermal sensation of the population that indicates less discomfort with the heat in these environments.

Keywords: Meso-region of Sertão da Paraíba, Heat index, Thermal discomfort

1 INTRODUÇÃO

Para entendermos melhor os ambientes urbanos, vários trabalhos estão sendo realizados atualmente com intuito de sugerir um planejamento adequado para que o cidadão possa ter condições de bem-estar e possivelmente provocar um menor impacto ao ambiente (KRAN, 2005). É evidente o conhecimento que os planejadores e pesquisadores do ambiente construído precisam ter para conhecer o comportamento das espécies arbóreas em relação ao microclima, para que sejam associados no planejamento e nas intervenções dos espaços abertos com maior eficiência, visando sempre melhorar a qualidade de vida dos cidadãos (ABREU; LABAKI, 2010).

Com o interesse de saber a importância do conforto térmico nas praças e parques, Gomes e Amorim (2003) informam que, por esses locais públicos de lazer serem os mais frequentados e os mais próximos da população, devem apresentar condições de bem estar para as pessoas que fazem uso desses ambientes.

Para melhorar o microclima e o conforto térmico dos espaços urbanos, a arborização deve ser implantada e manejada corretamente. No entanto, estudos de conforto térmico realizados em ambientes externos, como parques e praças, deixam claro que é necessário levar em consideração os requerimentos da população e suas respostas fisiológicas e isso vai depender das características da região em que vivem, além de serem feitos diferentes estudos de conforto térmico em ambientes internos e climatizados onde as condições podem ser controladas (RUIZ; CORREA, 2015, SALATA et al., 2016;).

Devido aos muitos efeitos que a radiação solar causa em grandes centros urbanos, a vegetação é um dos elementos que contribui para o equilíbrio do balanço das energias nas cidades e pode ser utilizada para bloquear a incidência da radiação solar (PAULA, 2014).

A história da humanidade comprova que nem sempre a intervenção humana no ambiente foi marcada por degradação ambiental e insalubridades, entretanto, nos dias de hoje, com o crescimento acelerado da urbanização e com a “mundialização” da economia, esses impactos ambientais contribuíram em uma grande escala, sendo muito mais calamitosos seus danos ao planeta (LEFF, 2001).

Entre os vários problemas socioambientais que vem sendo causados devido ao planejamento urbano inadequado, encontram-se as alterações climáticas que, por sua vez, modificam os índices de conforto térmico e causa prejuízo na qualidade de vida da população (MARTINI et al., 2013). De acordo com Abreu (2008), um dos principais causadores das

alterações climáticas dentro das cidades vem sendo a falta da vegetação, que por sua vez é a única forma natural que oferece condições para regular e melhorar o clima.

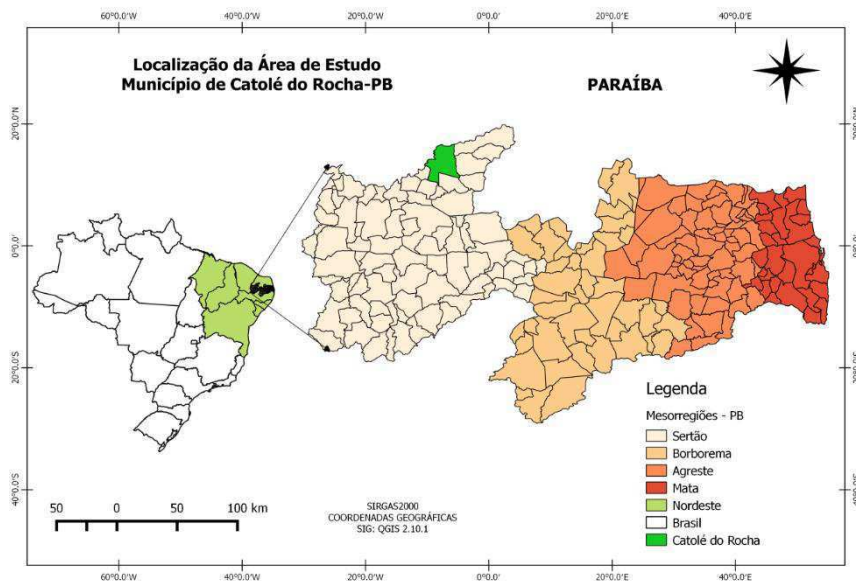
O presente estudo objetivou estimar o índice de conforto térmico e o índice de calor em áreas arborizadas e sem arborização na cidade de Catolé do Rocha-PB.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

De acordo com dados obtidos no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010) a cidade de Catolé do Rocha, onde a pesquisa foi realizada, localiza-se na mesorregião Sertão Paraibano (Figura 1), nas coordenadas $22^{\circ}48'57''\text{S}$ e $47^{\circ}03'33''\text{O}$ e com altitude de 272 m. Seu relevo apresenta uma superfície ondulada, formada por elevações que são parte do Planalto da Borborema, estando o município inserido no polígono das secas.

Figura 1— Localização geográfica da cidade de Catolé do Rocha-PB.



Fonte — Dados da pesquisa

O clima da região, segundo a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2014), como BSh semiárido, quente com chuvas de verão e, segundo a divisão do Estado da Paraíba, em regiões bioclimáticas, possui bioclima 4bTh de seca média com 5 a 7 meses secos. A estação chuvosa ocorre de janeiro a julho, sendo que nesta época as chuvas caem mais nos meses de fevereiro, março e maio, sendo o que chamamos de inverno.

De acordo com dados do IBGE/2010 a cidade apresenta uma área total de 552 km², com uma população de 29.794 habitantes, distribuída em 20 bairros.

2.2 Delineamento experimental

Para análise dos dados foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, distribuídos em parcela subdividida com três ambientes, quatro períodos, em três dias consecutivos e com três repetições, representados pelas diferentes ruas.

Os ambientes foram ruas com arborização, ruas sem arborização e áreas verdes. Os períodos foram Julho/2016, novembro/2016, abril/2017 e outubro/2017, os dias foram 29, 30 e 31 de Julho/2016, 18, 19 e 20 de novembro/2016, 21, 22 e 23 de abril/2017 e 20, 21 e 22 de outubro/2017.

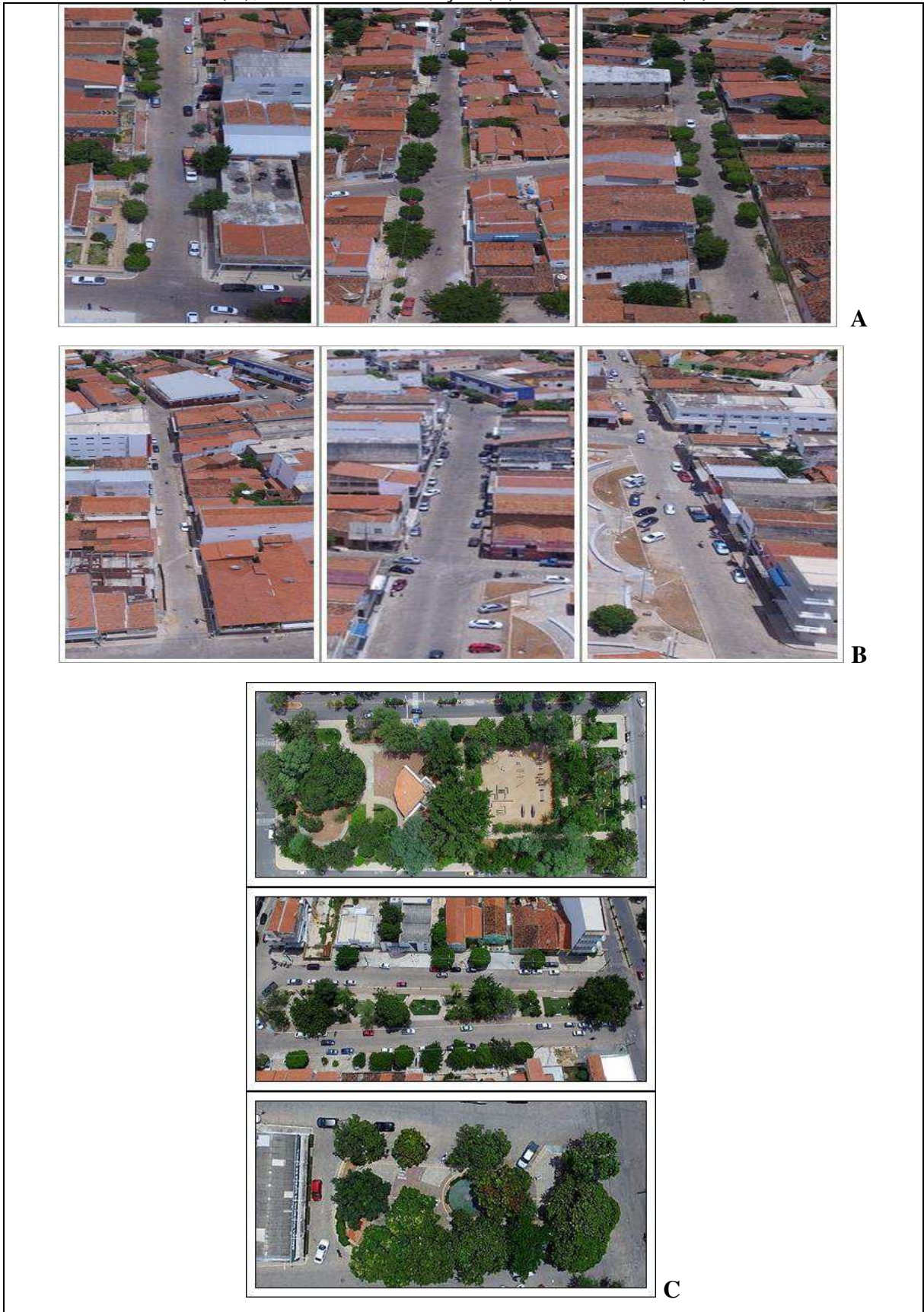
Para avaliar as condições de conforto térmico na cidade foram selecionadas, através de imagens de satélite do Google Earth e imagens feitas por Drone adquirido no decorrer da pesquisa, as seguintes áreas amostrais que foram as repetições do estudo: Ruas arborizadas (3), Ruas sem arborização (3) e Áreas verdes (3 praças principais), totalizando nove áreas amostrais.

Na escolha das ruas com arborização e sem arborização, procurou-se seguir como critério de seleção a disposição das ruas no mesmo sentido geográfico, de modo a diminuir as interferências urbanas. A área amostral das ruas com e sem arborização foram delimitadas com comprimento de 100 m.

2.3 Influência da vegetação no conforto térmico

As áreas com arborização selecionadas de acordo com as imagens localizam-se nas ruas Barão do Rio Branco, Manoel Pedro e Marechal Deodoro da Fonseca, conforme pode ser visualizado na figura 2A; já os trechos selecionados sem arborização encontram-se nas ruas Bevenuto Gonçalves, Cel. Francisco Maia e Marechal Deodoro da Fonseca (Figura 2B) e nas áreas verdes foram selecionadas as praças José Sergio Maia, Praça Sérgio Maia e a Praça Jerônimo Rosado (Figura 2C).

Figura 2 — Áreas selecionadas para a realização da pesquisa na cidade de Catolé do Rocha-PB: Ruas arborizadas (A), Ruas sem arborização (B) e Áreas Verdes (C).



Fonte — Dados da Pesquisa

Para estimar o conforto térmico nas áreas selecionadas através dos índices de temperatura e umidade (ITU) e o índice de calor (IC) foram medidas *in loco* as variáveis meteorológicas, temperatura do ar (°C) e a umidade relativa do ar (%), sendo para isso utilizado termohigrômetros que foram instalados numa base de madeira à altura de 1,5 m da superfície do solo, na parte central da área delimitada nas ruas (100m) e na área central das praças, conforme pode ser visualizado na figura 3.

Figura 3- Procedimento de coleta das variáveis temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) na cidade de Catolé do Rocha-PB.



Fonte — Dados da Pesquisa

Os equipamentos foram alocados diretamente sob a copa da árvore selecionada e a céu aberto, de modo a avaliar a influência da cobertura vegetal no conforto térmico. O monitoramento foi realizado nos períodos chuvoso e seco da região, com coletas de dados realizadas nos meses de julho/2016 (período chuvoso), novembro/2016 (período seco), abril/2017 (período chuvoso) e outubro/2017 (período seco), com registros dos dados durante três dias consecutivos, em cada período e em todas as áreas selecionadas, registrando as variáveis a cada 10 minutos por um período de 10 horas (07:00 às 17:00 h, horário local) de modo a mapear as variações ao longo do dia.

2.4 Avaliação do Conforto Térmico Urbano

Para avaliar o conforto térmico na cidade de Catolé do Rocha-PB foram utilizados os índices para ambientes abertos, a saber: o índice de temperatura e umidade (ITU) e o índice de

calor (IC), seguindo a metodologia utilizada por Nóbrega e Lemos (2011) e Coutinho et al. (2014).

O índice de Temperatura e Umidade (ITU), devido a sua praticidade é comumente usado nos trópicos, segundo Barbirato et al. (2007), permitindo quantificar o “stress” no ambiente urbano, sendo para isso utilizada a seguinte equação:

$$ITU = 0,8 \times T_{ar} + [(U_R \times T_{ar}) / 500] \quad (1)$$

Onde:

ITU= índice de temperatura e umidade

Tar= temperatura do ar (°C)

UR=umidade relativa (%).

De posse dos resultados obtidos do ITU, foram usados os critérios de classificação para o índice, conforme Nóbrega e Lemos (2011) e que consta no quadro 1

Quadro 1 – Critérios de classificação do Índice de Temperatura e Umidade (ITU)

NÍVEL DE CONFORTO	ITU (°C)
Confortável	21 < ITU < 24
Levemente Desconfortável	24 < ITU < 26
Extremamente Desconfortável	ITU > 26

Fonte — Nóbrega e Lemos (2011)

Nesta pesquisa foram utilizados os dados de temperatura e umidade coletados com termo higrômetro e, posteriormente, calculou-se a média de cada coleta para aplicação na fórmula, o que permitiu conhecer o ITU de cada área avaliada.

De posse dos dados meteorológicos (temperatura e umidade) foram calculados os índices biometeorológicos, para em seguida indicar o nível de conforto térmico para a população de Catolé do Rocha no período determinado para o estudo.

2.5 Avaliação do índice de calor (IC)

O índice de calor (IC) para a cidade de Catolé do Rocha-PB foi calculado conforme a metodologia descrita por Nóbrega e Lemos (2011). Segundo esses autores, o IC é um índice

que combina a temperatura e a umidade relativa do ar para determinar uma temperatura aparente que representa o calor que se sente realmente.

O Índice de Calor foi elaborado a partir de medidas subjetivas de quanto calor se sente para dados valores de temperatura e umidade relativa do ar, nas situações em que as temperaturas estão elevadas, estando à pessoa à sombra em condições de vento fraco.

No cálculo do IC à sombra foi utilizada a equação abaixo:

$$IC = -42,379 + (2,04901523 \times T) + (10,14333127 \times UR) - (0,22475541 \times T \times UR) - (6,83783 \cdot 10^{-3} \times T^2) - (5,481717 \times 10^{-2} \times UR^2) + (1,22874 \times 10^{-3} \times T^2 \times UR) + (8,5282 \times 10^{-4} \times T \times UR^2) - (1,99 \times 10^{-6} \times T^2 \times UR^2) \quad (2)$$

Onde:

IC= Índice de calor (°F)

T = temperatura do ar real (temperatura do bulbo seco) dada em °C

UR = umidade relativa do ar (%).

Os dados para o cálculo do índice de calor (IC) foram obtidos com as coletas de temperatura e umidade do ar, com o cálculo para o mesmo período que foi utilizado para a determinação do índice ITU. Como o IC é dado em °F e a temperatura registrada pelo termo higrômetro é em °C, foi necessário realizar a transformação para a unidade °F.

Com os resultados obtidos do IC indicaram-se os níveis de alerta e as consequências para o ser humano, conforme consta no quadro 2.

Quadro 2 — Níveis de alerta e suas consequências à saúde humana do índice de calor (IC)

Nível de Alerta	Índice de Calor	Síndrome de Calor (sintomas)
Perigo extremo	54° C ou mais	Insolação ou ação e risco de Acidente Vascular Cerebral (AVC) iminente.
Perigo	41,1 – 54° C	Câimbras, insolação e provável esgotamento. Possibilidade de dano cerebral (AVC) para exposições prolongadas com atividades físicas.
Cautela extrema	32,1° - 41° C	Possibilidade de câimbras, esgotamento e insolação para exposições prolongadas e atividade física.
Cautela	27,1 – 32° C	Possível fadiga em casos de exposição prolongada e atividade física.
Não há alerta	Menor que 27° C	Não há problemas.

Fonte — Nóbrega e Lemos (2011)

2.6 Levantamento sobre a percepção da população quanto ao conforto térmico

Para avaliar o ponto de vista da população com relação ao nível de conforto térmico proporcionado pela presença e/ou ausência da arborização nas ruas e áreas verdes, concomitantemente à coleta de dados meteorológicos nas áreas selecionadas, foram aplicadas 450 entrevistas semiestruturadas aos transeuntes e/ou moradores, de modo a determinar a sensação de conforto térmico nessas áreas.

Os parâmetros subjetivos presentes na entrevista, como preferências térmicas e sensações térmicas, foram utilizados para validar a confiabilidade dos índices aplicados, os quais foram avaliados através das informações fornecidas em relação às preferências e sensações térmicas dos usuários tomando como base as escalas de conforto sugeridos pelo Voto Médio Estimado - PMV (ISO 10551) que é apresentada no quadro 3, sendo este também reportado por Martini et al. (2014). O PMV é um índice criado para constatar se determinado ambiente encontra-se em condições de aceitabilidade térmica (LAMBERTS; XAVIER, 2002).

Quadro 3 — Escala de preferência e sensação térmica sugerida pelo PMV

Escala de sensação		Preferência	
Muito calor	+3	Muito mais quente	+3
Calor	+2	Mais quente	+2
Pouco calor	+1	Um pouco mais quente	+1
Nem frio, nem calor	0	Nem um nem outro	0
Pouco frio	-1	Pouco mais frio	-1
Frio	-2	Mais frio	-2
Muito frio	-3	Muito mais frio	-3

Fonte — Lyra (2007)

Segundo Dacanal et al. (2010), o índice PMV é baseado no balanço de calor do corpo humano com o ambiente, de modo que a sensação de conforto deve ocorrer quando a produção interna de calor do corpo for igual à perda de calor para o ambiente. O índice PMV resulta em uma escala de valores entre +3 e -3, correspondentes a classes de sensação térmica, que variam entre muito calor (hot) e muito frios (cold) (ISO 9000:2005). Apesar das condicionantes que limitam a aplicação do PMV para a avaliação de conforto térmico em ambientes externos, é um índice muito utilizado por pesquisadores do mundo todo.

De modo a simplificar a obtenção das informações, foi utilizado o mesmo procedimento reportado por Martini et al. (2014), as setes classes de conforto e preferências foram resumidas em três classes, conforme apresentado no quadro 4.

Quadro 4 — Classes de conforto de sensação térmica e preferência térmica a ser utilizada no estudo sobre conforto térmico na cidade de Catolé do Rocha-PB.

SENSAÇÃO TÉRMICA	Arborização			PREFERÊNCIA TÉRMICA	Arborização		
	Com	Sem	Praças		Com	Sem	Praças
Desconforto para o calor				Por calor			
Nenhum desconforto				Nenhum			
Desconforto para o frio				Por frio			

Fonte — Martini et al. (2014)

A comparação das médias dos resultados de temperatura ambiente sob e fora da copa das árvores foi feita pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Já para a análise dos índices de conforto térmico e sua relação com as respostas dos entrevistados, foi feita análise de correlação comparativa. As análises estatísticas e o processamento dos dados foram feitos com auxílio do programa Sisvar e Microsoft Office Excel 2013®.

3 RESULTADO E DISCUSSÃO

3.1 Influência da Vegetação no Conforto Térmico

Observa-se na tabela 1 que os dados de temperatura apresentou diferença significativa apenas para a interação do ambiente versus dia de amostragem. No entanto, para as médias separadas, o teste F ao nível de 1% de significância obteve resultados satisfatórios para o ambiente e para as coletas.

Esses resultados evidenciam o benefício microclimático proporcionado pelas copas das árvores presente nos ambientes arborizados. A presença das copas dos vegetais, segundo Mahmoud (2011), promove a redução da passagem dos raios solares em direção ao solo, proporcionando sombreamento. Abreu (2008) ressalta que a evapotranspiração das árvores

desempenha um efeito positivo, pois esse procedimento tem a capacidade de captar as calorias, o que implica na diminuição da temperatura do microclima local nas horas mais quentes do dia.

Tabela 1- Análise de Variância da variável temperatura.

FV	GL	SQ	QM	Fc
Ambiente	2	32,17	16,08	27,33**
Período	3	62,25	20,75	5,96**
Dia	2	9,06	4,53	1,86 ^{ns}
Ambiente x Período	6	8,50	1,42	1,47 ^{ns}
Ambiente x Dia	4	4,44	1,11	9,67**
Período x Dia	6	44,06	7,34	0,85 ^{ns}
Ambiente x Período x Dia	12	7,78	0,65	
Resíduo	72	54,67	0,76	
Total	107	222,91		

**significativo a 1%; ns: não significativo pelo teste F.

As ruas arborizadas e as praças proporcionaram uma condição microclimática diferente das ruas sem arborização, sendo detectadas diferenças significativas entre as ruas arborizadas e as praças, o que confirma que os ambientes arborizados influenciam nas variáveis meteorológicas e, conseqüentemente, no microclima da cidade. Zea-Camaño (2016) ao avaliar a contribuição das espécies *Tabebuia aurea* e *Azadirachta indica* na diminuição da temperatura em praças da cidade de Patos-PB, constatou que a presença dessas árvores contribuiu com a atenuação da radiação solar, apresentando diferenças significativas, quando comparadas de forma independente, a temperatura ambiente e a temperatura radiante, sob e fora da copa das árvores, em quase todos os horários avaliados ao longo do dia, sendo *Tabebuia aurea* mais eficiente nessa função.

Ao analisar os valores de temperatura registrados (Tabela 2), constatou-se diferença significativa entre as médias das praças (31,7 °C), das ruas arborizadas (32,5°C) e das sem arborização (33,2°C). A média entre os valores dos três ambientes analisados em quatro coletas revelou que a temperatura de uma praça arborizada é 1,47°C menor do que uma rua sem arborização e a temperatura de uma rua arborizada é 0,74°C menor do que uma rua sem arborização.

Tabela 2- Média de temperatura nas ruas com, sem arborização e nas praças.

Ambiente	Média de Temperatura
Praças	31,7 C
Ruas Arborizadas	32,5 B
Ruas Sem Arborização	33,2 A
CV (%)	2,68
DMS	0,49

Médias seguidas de mesma letra maiúscula, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade. DMS: diferença mínima significativa. CV: Coeficiente de variação

Mascaró e Mascaró (2009) asseguraram que a temperatura sob a sombra de várias árvores era de 3 a 4 °C menor do que nas áreas expostas à radiação solar. Em Maringá-PR, Lima (2009) analisou as praças e encontrou diferenças que variaram de 2°C a 3,8°C entre a área sombreada pelas árvores e a área exposta à radiação direta. Já em trabalhos realizado na Europa Armson, Stringer e Ennos (2012), na região de Manchester, verificaram que o sombreamento ocasionado pelas plantas diminui a temperatura do ar em 1 a 2 °C.

Ao analisar a influência microclimática da arborização das praças na cidade de Patos-PB, Zea-Camaño (2016) constatou uma diminuição de 0,83 °C da temperatura média fora da copa das árvores de *Azadirachta indica*, sendo a maior amplitude térmica (1,30 °C) registrada às 14h00 e a mínima (0,05 °C) às 17h15min. O mesmo ocorreu com a espécie *Tabebuia aurea* onde registrou uma diferença de 1,09 °C em relação à temperatura média obtida fora da influência da copa das árvores e a maior a amplitude térmica (1,48 °C) foi registrada às 14h30min e a mínima (0,15 °C) às 17h30min. Diante dos resultados, o autor afirma que as espécies estudadas têm uma função importante na diminuição da temperatura em nível microclimático nos ambientes onde estão inseridas.

Em todos esses trabalhos citados é possível observar a influência que a cobertura arbórea exerce no microclima do ambiente urbano. No entanto, ressalta-se que a vegetação estudada por esses autores foram em grandes áreas verdes existentes nas cidades. Já essa pesquisa foi realizada em ruas e praças com árvores distribuídas em espaçamentos distintos e amplos.

Resultados estes que corroboram com Mahmoud (2011), onde o autor afirma que árvores isoladas, distribuídas com amplo espaçamento, como é o caso típico de uma rua urbana, não tem um efeito significativo no resfriamento do ambiente. No presente estudo verificou-se a diferença entre os resultados das ruas arborizadas e nas praças, onde muitos estudos sugerem

que a utilização de pequenos agrupamentos de árvores (parques, bosques e praças) seja mais eficiente.

O efeito que a arborização das ruas e das praças exerce no microclima pôde ser demonstrado por meio do teste de Tukey (Tabela 2). Ressalta-se que os dados deste estudo foram obtidos em diferentes períodos de coleta. Assim, quando se analisa os valores encontrados nas praças, ruas arborizadas e sem arborização separadamente para cada dia e para cada coleta, observa-se algumas especificidades (Tabela 3).

Tabela 3- Interação da média de temperatura entre o Dia e o Período

Dia	Período			
	Julho 2016	Novembro 2016	Abril 2017	Outubro 2017
1	31,9 Ba	34,0 Aa	32,5 Ba	32,8 Ba
2	32,1 Aa	32,5 Ab	32,6 Aa	33,1 Aa
3	29,7 Bb	33,1 Aab	32,6 Aa	32,9 Aa
Média Geral	31,2	33,2	32,6	32,9
CV (%)	2,68			
DMS coleta	1,08			
DMS dia	0,98			

Médias seguidas de mesma letras maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade. DMS: diferença mínima significativa. CV: Coeficiente de variação

A análise das médias diurnas de temperatura nas diferentes coletas indicaram diferenças significativas entre duas coletas. Isto ocorreu devido à época na quais as variáveis foram coletadas no período seco (novembro/2016 e outubro/2017) e no período chuvoso (julho/2016 e abril/2017). Sendo assim, não houve diferença estatística entre as médias de temperatura nas coletas realizadas em abril/2017 e outubro/2017. No entanto, as médias de temperatura registrada no dia 1 (31,9 °C) e 2 (32,1 °C) de julho/2016 diferiram estaticamente da média do dia 3 (29,7 °C); o que pode justificar essa diferença é que no 3º dia de coleta (julho/2016) a presença de nuvens deixou o tempo nublado, com chuva no final da tarde, o que diminuiu a radiação solar projetada sobre a cidade.

Ao analisar as médias dos dias (Tabela 3), verifica-se que no 2º dia as médias de temperatura não diferem entre si nas quatro coletas realizadas, diferindo apenas no 1º dia quando a média da coleta de novembro de 2016 (34,0 °C) foi maior do que as demais coletas e no 3º dia quando a média que se destaca é a da coleta de Julho de 2016, que se encontra menor que as demais, justamente pelo fato de ter ocorrido uma chuva no fim da tarde desse dia. As médias das coletas que se destacaram com a maior temperatura foram as registradas no período seco (novembro/2016 e outubro/2017).

Para a variável umidade observa-se na tabela 4 que a análise estatística identificou diferença significativa apenas entre as interações do ambiente X período e no período X dia; já para as médias separadas, os resultados foram significativos para todas as médias.

Tabela 4- Análise de Variância da variável Umidade.

FV	GL	SQ	QM	F
Ambiente	2	315,50	157,75	7,83**
Período	3	3923,21	1307,73	64,87**
Dia	2	482,38	241,19	11,96**
Ambiente x Período	6	769,98	128,33	6,36**
Ambiente x Dia	4	5,77	1,44	0,07 ^{ns}
Período x Dia	6	1062,42	177,07	8,78**
Ambiente x Período x Dia	12	94,29	7,85	0,39 ^{ns}
Resíduo	72	1451,33	20,15	
Total Corrigido	107	8104,917		

** e ns: significativo a 1% e não significativo, respectivamente pelo teste F.

Os valores de umidade relativa (UR) entre as interações: ambiente X coleta, apresentaram diferenças entre as médias analisadas (Tabela 5). Na coleta de julho de 2016 a média da UR das ruas sem arborização (30,4 %) diferiu estaticamente das praças (38,3 %); já nas ruas arborizada não houve diferença entre os demais ambientes. Em abril de 2017 as médias das praças (52,4%) e das ruas arborizadas (52,9 %) diferiram da média das ruas sem arborização (44,4%) e, por fim, na última coleta realizada no período da região, as médias das ruas sem arborização (34,8%) e das praças (37,3 %) diferiram das registradas nas ruas arborizadas (42,6 %).

Tabela 5- Interação da média de umidade relativa entre o ambiente e período.

Ambiente	Período				Média Geral
	Julho 2016	Novembro 2016	Abril 2017	Outubro 2017	
Praças	38,3 Ca	39,0 Ba	52,4Aa	34,8Bb	41,1
Ruas Arborizadas	33,8 Cab	34,7Ca	52,9Aa	42,6Ba	40,9
Ruas Sem Arborização	30,4Bb	38,1Aa	44,4Ab	37,3Ab	37,6
CV (%)	11,3				
DMS período	5,6				
DMS Ambiente	5,1				

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade. DMS: diferença mínima significativa. CV: Coeficiente de variação

Podem-se verificar na tabela 5 que no ambiente das praças ocorreu diferença significativa entre médias para a variável coleta no mês de abril de 2017 com 52,4 % e nos demais meses de coleta de dados as médias de UR ficaram abaixo de 40%. No ambiente ruas arborizadas as médias obtidas diferem entre si, seguindo a mesma tendência registrada nas praças com registro da maior média da UR no mês de abril de 2017. Por fim, no ambiente ruas sem arborização as médias registradas de UR foram as menores em todos os meses de coleta, havendo diferença entre as médias no mês de julho de 2016.

Ao final das coletas a maior média geral da UR foi registrada nas praças e, por último, nas ruas não arborizadas, comprovando que em ambientes com maior concentração de árvores, a UR apresenta valores mais elevados, o que possibilita uma condição microclimática diferente das ruas sem arborização. Martini et al. (2011), em um fragmento florestal urbano, verificaram que no interior da área a umidade relativa foi maior, o que foi favorecida pela aglomeração de árvores na área. Leal et al. (2011), na cidade de Curitiba, observaram que a umidade registrada fora de uma área urbana arborizada é menor em até 16% do que dentro do ambiente onde possui arborização.

Ao analisar os valores de UR encontrados nas praças, ruas arborizadas e sem arborização, separadamente, para cada dia e para cada coleta observa-se algumas diferenças entre três coletas distintas (Tabela 6).

Tabela 6- Interação entre o Dia e Período da variável Umidade Relativa.

Dia	Período			
	Julho 2016	Novembro 2016	Abril 2017	Outubro 2017
1	28,9 Bb	34,8 Ba	44,7 Ac	41,5 Aa
2	32,1 Cb	38,8Ba	49,9 Ab	37,1 BCab
3	41,5 Ba	38,3 BCba	55,1 Aa	35,9Cb
Média Geral	34,2	37,3	49,9	38,3
CV (%)	11,3			
DMS Período	5,6			
DMS Repetição	5,06			

Médias seguidas de mesma letras maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade. DMS: diferença mínima significativa. CV: Coeficiente de variação

Verifica-se que não houve diferença estatística entre as médias de UR nas coletas realizadas em novembro de 2016. Já nas demais coletas, as médias dos dias diferiram entre si, onde o dia 3 (41,5%) na coleta de Julho de 2016 diferiu da média do dia 2 (32,1%) e 1 (28,9%). O que pode justificar essa diferença é que no 3º dia de coleta realizada no mês de Julho de 2016 o tempo estava nublado, provocando uma chuva no final da tarde, o que deve ter aumentado a

umidade relativa do ar nesse dia. As médias dos dias da coleta realizada em abril de 2017 diferiram entre si. Ao analisar as médias dos dias (pelas letras maiúsculas) nas linhas da tabela 6, pode-se ver que o 3º dia as médias da coleta de abril de 2017 e outubro de 2017 diferem entre si.

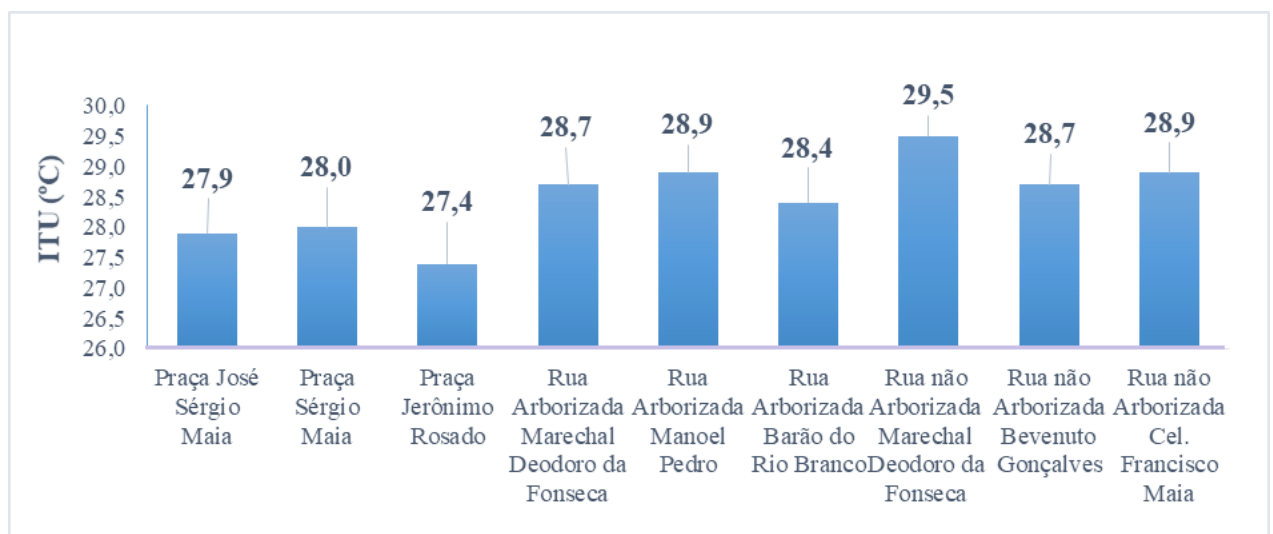
No geral, a coleta na qual obteve a maior média de umidade relativa do ar foi o mês de abril de 2017, o que pode ser justificado é que a coleta foi realizada no período chuvoso da região.

3.2 Avaliação do Conforto Térmico Urbano

Na figura 4 encontram-se os valores do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) nos ambientes avaliados, sendo obtida uma média de 28,48 e um desvio padrão de 0,64. Observa-se que o ITU se encontra na última categoria, sendo extremamente desconfortável, não havendo nenhum resultado nas outras categorias descritas por Nóbrega e Lemos (2011). Os maiores valores se concentraram na rua não arborizada Marechal Deodoro da Fonseca. Esses valores estão coerentes com os dados mostrados a seguir na tabela 7, que é justamente essa rua que apresentou a maior média de temperatura e umas das menores porcentagens de umidade relativa do ar, obtida durante todas as coletas realizadas com o termo higrômetro.

De um modo geral, os valores obtidos indicam que há um índice de extremo desconforto térmico na cidade de Catolé do Rocha, isso pode se associar ao clima da região por ser caracterizado como quente e seco e porque a cidade está localizada no sertão da Paraíba.

Figura 4 — Índice de Temperatura e Umidade (ITU) das áreas estudadas



Ao avaliar o conforto térmico das diferentes áreas estudadas da cidade de Catolé do Rocha, nota-se que tem uma relação direta com vários outros fatores além do climático, que tem uma influência direta no real conforto ou desconforto que se sente, surgindo assim maiores preocupações com a população. Levando-se em consideração que as condições fisiológicas e de vestimentas não foram avaliadas, no que pode vim evidentemente a gerar um desconforto ainda maior do que o estimado no presente trabalho. Observa-se na tabela 7 a estatística descritiva do ITU.

Ao analisar a temperatura e umidade relativa do ar, Lima (2009) demonstrou que a formação de espaços térmicos urbanos mais agradáveis está inteiramente ligado à presença da vegetação. Considerando essas mesmas variáveis, em uma rua com pouca arborização e outra bem arborizada na cidade de Manaus, fato também confirmado por Monteiro (2008) que confirmou a influência que a vegetação tem na busca por condições agradáveis de conforto térmico para população.

Na tabela 7, observa-se as médias das variáveis microclimáticas para cada ambiente separadamente. Percebe-se que na área representada pelas praças a temperatura foi menor do que as ruas com e sem arborização, registrando uma diferença de até 2,1°C em uma das praças para uma das ruas sem arborização e 1,3°C de uma das praças para uma das ruas com arborização, encontrando também uma diferença de 1,3°C de uma rua arborizada para uma rua sem arborização.

Tabela 7 - Médias de temperatura e umidade relativa do ar, dos ambientes estudados.

Local	Temperatura Média (°C)	UR Média (%)
Praça José Sérgio Maia	31,5	43
Praça Sérgio Maia	31,9	38
Praça Jerônimo Rosado	31,7	43
Rua Arborizada Marechal Deodoro da Fonseca	32,4	43
Rua Arborizada Manoel Pedro	32,8	40
Rua Arborizada Barão do Rio Branco	32,2	40
Rua não Arborizada Marechal Deodoro da Fonseca	33,6	39
Rua não Arborizada Bevenuto Gonçalves	32,8	38
Rua não Arborizada Cel. Francisco Maia	33,2	36
Média	32,46	40
Erro padrão	0,23	0,85
Desvio padrão	0,70	2,55

Ao observar as médias da umidade relativa do ar por ambientes, constata-se que o ambiente com menor porcentagem registrada foi as ruas desprovidas de arborização, cuja

diferença pode chegar até a 7% em relação aos demais ambientes. Outro fator que é importante ressaltar é que os dados utilizados para realização da pesquisa são autorais e foram coletados por termohigrômetro, nos diferentes ambientes urbanos avaliados.

Segundo Nóbrega e Lemos (2011), o ambiente urbano é uma consequência de diversos procedimentos de interação entre três subsistemas - o natural, o humano e os construídos - e que o subsistema humano está composto por indivíduos e seus distintos níveis de organização, assim como por suas múltiplas formas de interação; o natural está formado por elementos físicos naturais; e o subsistema construído está composto pelas formas e estruturas do espaço que são, muitas vezes, resultantes da dinâmica social sobre o território urbano e, devido a isso, é esperado que os processos de troca de calor e condicionantes ao conforto térmico natural sejam modificados.

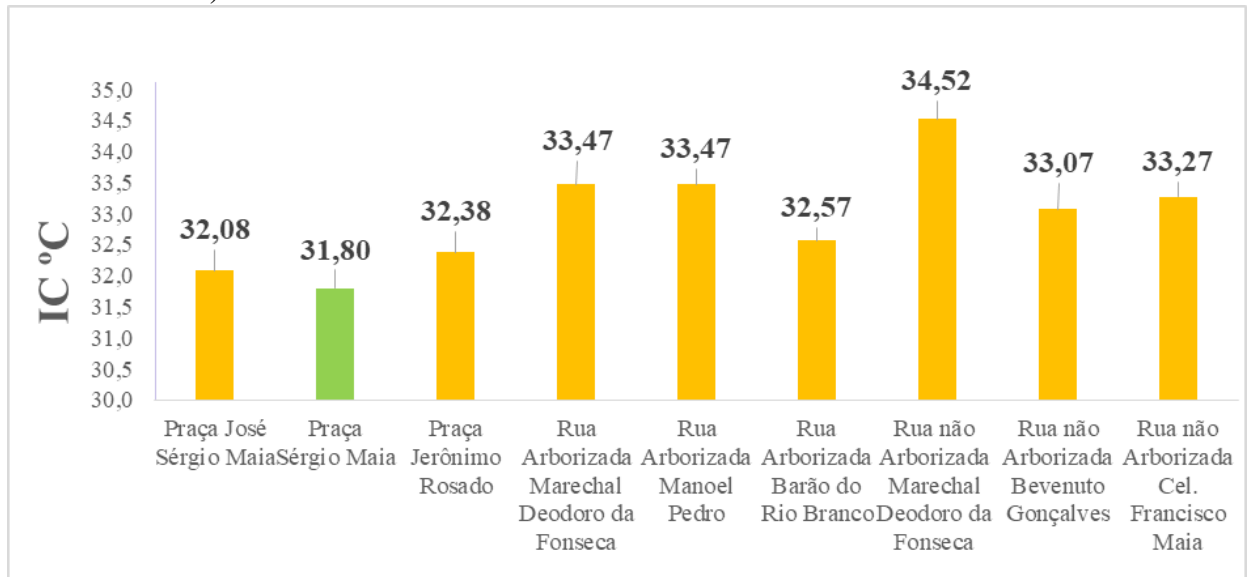
Para Dacanal et al. (2010) o microclima característico de espaços com densa vegetação é estável ao longo do dia, cuja folhagem da vegetação atenua a taxa de radiação incidente em 95%, contribuindo para o conforto térmico do local. No caso do presente estudo, as praças com vegetação mais densa e estratificada possibilita essa sensação à população.

3.3 Avaliação do índice de calor (IC)

Diante dos resultados obtidos no presente estudo pode-se observar na figura 5 que na maior parte das áreas avaliadas o Índice de Calor (IC) médio esteve dentro do intervalo de cautela extrema e apenas uma área ficou dentro do intervalo de cautela (Praça Sérgio Maia), porém, seu IC não foi muito diferente das outras praças e por pouco não foi incluída na área de cautela extrema. Portanto, nota-se que praticamente em todos os ambientes avaliados o índice de calor permaneceu no estado de cautela extrema, no qual pode gerar para população que ali transita alguns cuidados para evitar danos à saúde como, por exemplo, as possibilidades de câimbras nos músculos do corpo, esgotamento físico e insolação para as pessoas que tem exposições ao sol prolongadas por muito tempo e a realização de atividades físicas constatem. Ressalta-se, ainda, que esse índice quando avaliado na região semiárida da Paraíba, dificilmente irá alcançar o nível de perigo extremo com IC superiores a 51°C, temperatura que nunca foi registrada na região semiárida do Brasil.

Já na Praça Sérgio Maia, onde o IC médio ficou na área de apenas cautela e a preocupação que a população deve-se ter nessa área é com a exposição prolongada e atividade física repetitiva que poderá surgir possíveis fadigas.

Figura 5 — Índice de Calor dos ambientes estudados (área verde – cautela e área laranja – cautela extrema).



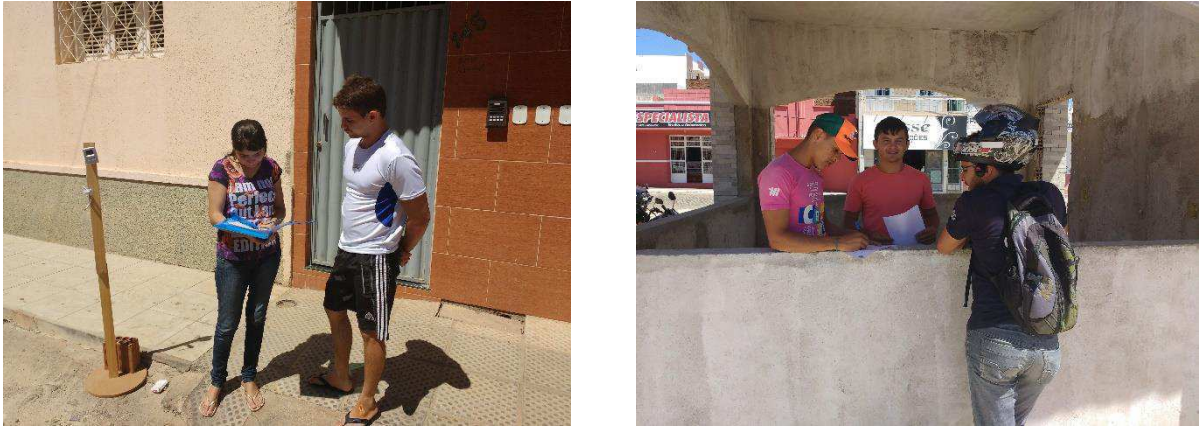
Ao avaliar o índice de desconforto de Thom como indicador da sensação de conforto térmico experimentada pelos habitantes da cidade de Patos-PB, Zea-Camaño (2016) considerou esse índice como um indicador que não detecta a realidade do conforto térmico para cidades localizadas na região semiárida do Brasil, como Patos-PB, porque, já nas primeiras horas da avaliação (6h30min às 9h30min), onde a temperatura da cidade é menor, o índice já registra, em média, valores altos (>76) e, de acordo com Thom (1959), valores >75 representam desconforto para mais da metade da população e, nesse estudo, a maioria dos entrevistados manifestou a condição de confortável para esse período de avaliação. O autor diante dos resultados obtidos sugere a necessidade de se construir um Índice de Conforto/Desconforto térmico que se ajuste às particularidades climáticas e ambientais da região semiárida, que represente as características fenotípicas e metabólicas da população.

3.4 Levantamento sobre a percepção da população quanto ao conforto térmico

No total, foram entrevistadas 1.434 pessoas, sendo 552 nas ruas arborizadas, 447 nas ruas sem arborização e 435 nas Praças. Dos entrevistados, 53 % são do gênero masculino e 47% do gênero feminino. A faixa etária dos entrevistados variou de 15 anos até acima de 55 anos, sendo que a maioria permaneceu na faixa etária entre 15 e 25 anos (35%), seguidos pela faixa etária entre 26 e 35 anos com 24% dos entrevistados. Na figura 6 pode-se observar o momento

em que as equipes de trabalho realizavam o levantamento da percepção da população através das entrevistas realizadas nos nove locais selecionados para a pesquisa.

Figura 6 - Realização das entrevistas pelas equipes na cidade de Catolé do Rocha-PB



Fonte: Dados da pesquisa.

Na tabela 8, são inseridos os resultados das entrevistas realizadas aos transeuntes em relação aos quesitos de sensação térmica e a preferência térmica dos entrevistados, onde foram calculadas as frequências de votos relacionadas a cada categoria. A distribuição dos votos segue o mesmo perfil para as diferentes classes, sendo os percentuais mais altos para a classe de sensação térmica de desconforto para o calor nas ruas sem arborização e para a classe de preferência térmica, o desconforto para o frio também para o mesmo ambiente citado anteriormente.

Tabela 8 — Classes de sensação térmica e preferência térmica na cidade de Catolé do Rocha-PB.

SENSAÇÃO TÉRMICA	Arborização			PREFERÊNCIA TÉRMICA	Arborização		
	Com	Sem	Praças		Com	Sem	Praças
Desconforto para o calor	81%	83%	70%	Por calor	1%	2%	2%
Nenhum desconforto	16%	15%	24%	Nenhum	11%	7%	20%
Desconforto para o frio	3%	2%	6%	Por frio	88%	91%	78%

As respostas das pessoas em relação à sensação térmica na rua arborizada obteve percentual pouco diferente das registradas nas ruas não arborizadas, onde 16,0% das pessoas responderam que estavam confortáveis, 3% dos entrevistados responderam que estavam com frio e 81% disseram que estavam desconfortável com o calor. Isso deve ter ocorrido por que os entrevistados estão adaptados ao clima semiárido da região que apresenta altas temperaturas

durante o ano inteiro; além disso, grande parte dos entrevistados é transeunte que vem de outro local onde a temperatura era mais alta do que na rua arborizada. Na rua sem arborização a grande parte dos entrevistados respondeu que estava sentindo desconforto para o calor (83,0%) e apenas 2% responderam sentir desconforto para o frio, enquanto 15% das pessoas disseram que estavam confortáveis. Já nas praças obtivemos uma pequena diferença em relação às ruas arborizadas e não arborizadas, onde a maioria ainda se queixava de calor, mas os números diminuíram, no qual 70% das pessoas responderam que estava sentindo desconforto para o calor e 24% estavam se sentindo confortável.

Com relação à preferência térmica em todos os ambientes estudados, a grande parte dos entrevistados respondeu que queria mudança, onde nas ruas arborizadas 88% das pessoas preferiam que estivesse mais frio e apenas 11% disseram que estavam confortáveis; na rua sem arborização 91% dos entrevistados preferiram que estivesse mais frio e apenas 2% preferiam que estivesse calor. Nas praças, 78% das pessoas afirmaram que preferiam o frio, enquanto 20% apenas disseram que estavam confortáveis. No entanto, não teve uma grande diferença entre os ambientes estudados, em todos os ambientes foi constatada uma preferência pelo frio.

A junção das respostas obtidas nos quesitos de sensação e preferência térmica se mostram mais eficientes para considerar a real sensação das pessoas entrevistadas. Isto acontece pelo fato de cada indivíduo avaliar o ambiente térmico de forma diferente e os fatores fisiológicos e psicológicos influenciam nesta avaliação (ROSSI, 2012).

Dacanal et al. (2010) salientam que percepção do microclima pode variar conforme as experiências climáticas já vivenciadas pelo indivíduo e isso ocorre comparando-se o presente (espaço e tempo em que o corpo está presente) ao passado (mesmo espaço, porém, em um tempo anterior) e a outros espaços (o aqui e o ali).

Pode-se observar, ainda, que a porcentagem de pessoas que afirmaram não estar sentindo nenhum desconforto na rua com arborização foi 16% maior do que na rua sem arborização. Com relação à preferência térmica, este valor foi 11% maior do que na rua sem arborização. Resultado esse que não é muito expressivo e pode ter acontecido devido a diversos fatores, entre os quais, podem ser os efeitos psicológicos que o ambiente agradável ou não provoca nos usuários, como é o caso de um espaço bem arborizado (LIMA et al., 2009). Além do mais, as pessoas adaptam-se psicologicamente em função da exposição repetida a um mesmo ambiente ou sobre um mesmo clima, o que admite construir esquemas mentais que auxiliam em diferentes circunstâncias (NIKOLOPOULOU; STEEMERS, 2003). Devido a isso, se levar em consideração que a avaliação do conforto térmico está correlacionada a fatores psicológicos e fisiológicos e que as condições ambientais solicitadas para o conforto térmico não são as

mesmas para todos, é meramente possível que uma pessoa que esteja se sentindo com calor ou com frio declare estar confortável aceitando o ambiente térmico em questão (ROSSI, 2012).

Quando questionados diretamente sobre conforto, razoavelmente e desconforto térmico, 16% das pessoas afirmaram que a rua arborizada apresentava conforto térmico, enquanto que na rua sem arborização este número foi de apenas 12%. Já nas praças, 24% dos entrevistados afirmaram estar confortáveis. A maior porcentagem adquirida pelos entrevistados foi no grau de conforto e de desconforto com 43% nas ruas arborizadas, 45% nas ruas não arborizadas e 46% nas praças.

As pessoas, de maneira geral e em pequena porcentagem, percebem o microclima das áreas onde tem vegetação mais frescos e úmidos do que as condições de tempo na ambiência urbana (DACANAL et al., 2010). Isto é resultado das condições microclimáticas fornecidas pela vegetação, principalmente relacionados aos menores valores de temperaturas ocorridos nas áreas arborizadas.

Quanto a correlação entres as variáveis, verifica-se na tabela 9 que o IC e o ITU apresentam uma correlação de 0,851, ou seja, a característica do IC na região influencia diretamente no ITU. Já quando se analisa o IC com a sensação térmica de desconforto para o calor também se obtém um resultado satisfatório, onde o IC está totalmente ligado a sensação térmica que os entrevistados correlataram, como também o mesmo IC correlacionou com a preferência térmica com desconforto para o frio. Por fim, foi obtido um ITU com a sensação térmica de desconforto para o calor com uma correlação de 0,912 e a preferência térmica com desconforto para o frio com uma correlação de 0,841.

Tabela 9 – Correlação entre ITU, IC, Sensação térmica e Preferência térmica dos moradores de Catolé do Rocha-PB.

	IC (°C)	ITU
IC (°C)	1	
ITU	0,850949	1
STDC (%)	0,860985	0,91665
STNC (%)	-0,78757	-0,8024
STDF (%)	-0,69181	-0,82463
PTDC (%)	-0,0127	0,131285
PTNC (%)	-0,61208	-0,8189
PTDF (%)	0,651143	0,840953

IC: Índice de Calor, ITU: Índice de Temperatura e Umidade, STDC: Sensação térmica desconforto para o calor, STNC: Sensação térmica confortável, STDF: Sensação térmica desconforto para o frio, PTDC: Preferência térmica desconforto para o calor, PTC: Preferência térmica confortável, PTDF: Preferência térmica desconforto para o frio.

Os índices de temperatura IC e ITU mostraram correlações significativas com a Sensação Térmica Desconforto para o Calor (STDC) e Preferência Térmica Desconforto para o Frio (PTDF). Isso mostra que na medida em que acontece a variação de temperatura dos índices a população sofre influência sobre o conforto térmico ali presente, ou seja, com o aumento do IC e o ITU sensação de calor aumenta, levando à preferência da população por um ambiente mais frio.

4 CONCLUSÕES

A ausência da arborização nas ruas de Catolé do Rocha contribui para o aumento da sensação de desconforto para os moradores e transeuntes, podendo ter consequências à saúde humana.

O elevado Índice de Calor registrado nos ambientes arborizados e não arborizados que direciona para os níveis de alerta cautela extrema e cautela indica da arborização nas ruas e praças de Catolé do Rocha é insuficiente para tornar esses ambientes termicamente agradáveis e saudáveis à população.

De acordo com o índice ITU a cidade de Catolé do Rocha é considerada extremamente desconfortável.

A distribuição mais densa e estratificada nas praças da cidade, principalmente da Praça José Sérgio Maia que é a maior e mais diversificada, interfere positivamente na interceptação da radiação solar e na redução da temperatura do ar, alterando a sensação térmica da população que indica menor desconforto com o calor nesses ambientes.

Os índices de conforto IC e ITU apresentam alta correlação entre si podendo ser considerados como satisfatórios para caracterizar o grau de conforto térmico nos ambientes urbanos.

REFERÊNCIAS

- ABREU, L.V. **Avaliação da escala de influência da vegetação no microclima por diferentes espécies arbóreas**. 2008. 80f. Dissertação. Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas. Campinas – SP, 2008.
- ABREU, L.V; LABAKI, L. C. Conforto térmico propiciado por algumas espécies arbóreas: avaliação do raio de influência através de diferentes índices de conforto. **Ambiente Construído**, v. 10, n. 4, p. 103 - 117, 2010.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P.C.; MORAES, J. L.; GONÇALVES, J. L. M.; Gerd Sparovek. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p.711–728, 2014.
- ARMSON, D.; STRINGER, P.; ENNOS, A. R. The effect of tree shade and grass on surface and globe temperatures in an urban area. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 11, p. 245-255, 2012.
- BARBIRATO, G.M.; SOUZA, L.C.L.; TORRES, S.C. **Clima e cidade: a abordagem climática como subsídio para estudos urbanos**. Maceió: EDUFAL, 2007. 164 p.
- BIONDI, D.; ALTHAUS, M. **Árvores de rua de Curitiba: cultivo e manejo**. Curitiba: FUPEF, 2005. p. 175.
- CAMAÑO, J. D. Z. **Serviços ecossistêmicos de regulação climática e da qualidade do ar pela arborização em Patos-PB**. 2016. 79f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Campina Grande. Patos-PB, 2016.
- COUTINHO, M. D. L. et al. O microclima e o (des)conforto térmico em ambientes abertos na cidade de Natal. **Hygeia**, v. 10, n.19, p. 65 -73, 2014.
- DACANAL, D; LABAKI, L. C; SILVA, T. M. L; Vamos passear na floresta! O conforto térmico em fragmentos florestais urbanos. **Ambiente Construído**, v. 10, n. 2, p. 115-132, 2010.
- GOMES, M. A. S.; AMORIM, M. C. de C. T. Arborização e conforto térmico no espaço urbano: estudo de caso nas praças públicas de Presidente Prudente (SP). **Caminhos de Geografia**, n.7, v.10, p.94-106, 2003. Disponível em: <www.ig.ufu.br/caminhos_de_geografia.html>. Acesso em: 09 julho 2016.
- GRAZIANO, T. T. **Viveiros Municipais. Departamento de Horticultura – FCAVJ – UNESP**. Notas de Aula, 1994.
- KRAN, F. S. **Qualidade de vida na cidade e Palmas–TO: uma análise através de indicadores habitacionais e ambientais urbanos**. 142 F. Dissertação (Mestrado Em Ciências Do Ambiente) - Universidade Federal Do Tocantins, Palmas, 2005.
- LAMBERTS, R.; XAVIER, A. **Conforto térmico e stress térmico**. Apostila da disciplina de Conforto Ambiental. Florianópolis, 2002.

- LEAL, L. et al. Levantamento meteorológico expedito para análise da influência microclimática do Bosque Estadual João Paulo II, Curitiba - PR. In: ENCONTRO SUL-BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 4, 2011, Pelotas/RS. **Anais...** Pelotas: SBMET, 2011. p. 1 - 9.
- LEFF, H. **Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder.** Petrópolis: Vozes, 2001, p. 200.
- LIMA, D. C. R. **Monitoramento e desempenho da vegetação no conforto térmico em espaços livres urbanos: o caso das praças de Maringá/ PR.** 170 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009.
- LIMA, D. C. R.; NUNES, L. A.; SOARES, P. F. Avaliação Da Influência Da Vegetação No Conforto Térmico Em Espaços Livres. In: Simpósio De Pós-Graduação Em Engenharia Urbana, 2009, Maringá. **Anais...** Maringá: [S.N.], 2009. Não Paginado.
- MAHMOUD, A. H. A. Analysis of the microclimatic and human comfort conditions in an urban park in hot and arid regions. **Building and Environment**; v.46, p. 2641-2656, 2011
- MARTINI, A. Percepção da população sobre o conforto térmico proporcionado pela arborização de ruas de Curitiba - PR. **Revista Floresta**, v. 44, n. 3, p. 515 - 524, 2014.
- MARTINI, A. et al. Microclima e conforto térmico de um fragmento florestal na cidade de Curitiba - PR, Brasil. In: CONGRESSO FORESTAL LATINOAMERICANO, 5., 2011, Lima. **Anais....** Lima: [s.n.], 2011.
- MARTINI, A. et al. Valores extremos do índice de conforto térmico nas ruas de Curitiba-PR: comparação entre ambientes arborizados e sem arborização. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v.8, n.3, p.52-62, 2013.
- MARTINI, A; BIONDI, D.; ZAMPRONI, K. A percepção do conforto térmico em uma rua arborizada com ipê-amarelo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 5.**Anais...** p. 24-27, 2014, Belo Horizonte-MG.
- MONTEIRO, L. M. **Modelos preditivos de conforto térmico: quantificação de relações entre variáveis microclimáticas e de sensação térmica para avaliação e projeto de espaços abertos.** 378 f. Tese (Doutorado em Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- NIKOLOPOULOU, M.; STEEMERS, K. Thermal Comfort And Psychological Adaptation As A Guide For Designing UrbanSpaces. **Energy And Buildings**, v. 35, p. 95-101, 2003.
- NÓBREGA, R. S.; LEMOS, T. V. S. O microclima e o (des)conforto térmico em ambientes abertos na cidade de Recife. **Revista de Geografia**, v.28, n.1, p. 93 - 109 2011.
- PAULA, R. Z. R. **A influência da vegetação no conforto térmico do ambiente construído.** Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2004. 100 p.

ROSSI, F. A. **Proposição de metodologia e de modelo preditivo para avaliação da sensação térmica em espaços abertos em Curitiba.** 188f. Tese (Doutorado Em Tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, Curitiba, 2012.

RUIZ M. A., CORREA E. M. Adaptive model for outdoor thermal comfort assessment in an Oasis city of arid climate. **Building and Environment**, n.85, p. 40-51, 2015.

SALATA F. et al. Outdoor thermal comfort in the Mediterranean area. A transversal study in Rome, Italy. **Building Environment**, n. 96, p. 46-61, 2016.

SILVA, L.M. et al. Arborização de vias públicas e a utilização de espécies exóticas: o caso do bairro centro de Pato Branco/PR. **Scientia Agraria**, v. 8, n. 1, p. 47-53, 2007

ZEA-CAMAÑO, J. D. **Serviços ecossistêmicos de regulação climática e da qualidade do ar pela arborização em Patos-PB.** 2016. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais. CSTR/UFCG, Patos - PB. 2016. 79 p.:il.

CAPÍTULO II

ESTIMATIVA DA BIOMASSA E DA CAPTURA DO CARBONO ORGÂNICO NA ARBORIZAÇÃO URBANA ATRAVÉS DE EQUAÇÕES ALOMÉTRICAS

ESTIMATIVA DA BIOMASSA E DA CAPTURA DO CARBONO ORGÂNICO NA ARBORIZAÇÃO URBANA ATRAVÉS DE EQUAÇÕES ALOMÉTRICAS

RESUMO

O processo de urbanização tem reduzido as áreas verdes nas cidades, promovendo variações microclimáticas que culminam com o surgimento de ilhas de calor. O objetivo do estudo é estimar a biomassa arbórea, a captação do carbono através de equação alométrica e analisar a fração da árvore que tem a capacidade de absorver mais carbono. Para a estimativa da captura do carbono foi realizado o inventário dos indivíduos nas ruas arborizadas e praças, sendo realizada a análise do teor de carbono em amostras de folhas, galhos finos e do caule. Os teores de carbono das espécies analisadas foram sempre inferiores a 50%, com as espécies *Pithecellobium dulce* se destacando com os teores mais elevados no compartimento caule, com valores entre 43% e 49%. A *Azadirachta indica* e o *Tamarindus indica* foram as espécies mais eficientes em sequestrar o carbono pelas folha.

Palavras-chave: Biomassa florestal, Sequestro de carbono, Ordenamento paisagístico

ESTIMATION OF BIOMASS AND ORGANIC CARBON CAPTURE IN URBAN SHELTERING THROUGH ALLOMETRIC EQUATIONS

ABSTRACT

The urbanization process has reduced the green areas in the cities, promoting microclimatic variations that culminate with the emergence of heat islands. The objective of the study is to estimate tree biomass, carbon capture through allometric equation and to analyze the fraction of the tree that has the capacity to absorb more carbon. For the carbon capture estimation, the inventory of the individuals in the tree-lined streets and squares was carried out, and the analysis of the carbon content in samples of leaves, thin branches and stem was carried out. The carbon content of the analyzed species was always lower than 50%, with the species *Pithecellobium dulce* standing out with the highest contents in the stem compartment, with values between 43% and 49%. *Azadirachta indica* and *Tamarindus indica* were the most efficient species to sequester carbon by leaf.

Keywords: Forest biomass, Carbon sequestration, Landscaping

1 INTRODUÇÃO

O avanço da qualidade de vida urbana é devido ao planejamento dos limites das áreas verdes, pois uma cidade bem arborizada melhora o equilíbrio do meio ambiente urbano, resultando numa melhor qualidade de vida da população que vive ali perto. Devido a estes argumentos, o inventário florístico das áreas verdes urbanas é de fundamental importância para o ordenamento paisagístico desses ambientes, pois, de acordo com Lacerda et. al. (2013), é o inventário florístico que facilita o bom planejamento e as decisões por parte da gestão pública.

Segundo Kramer e Krupek (2012), o conhecimento da flora urbana local é essencial, pois isso facilita o desenvolvimento do planejamento de arborização priorizando os aspectos paisagísticos e ecológicos valorizando as espécies da flora nativa.

As árvores exercem papel importante, principalmente quando são implantadas nos centros urbanos, elas são responsáveis por benefícios sociais e ambientais que melhoram a qualidade de vida nas cidades e a saúde mental e física da população. A arborização de uma cidade não se resume em apenas plantar árvores em praças, jardim e ruas, deve ser feito áreas de recreação pública e proteger as áreas verdes particulares (RIBEIRO, 2009).

As árvores, de acordo com Volpe-Filik et al. (2007), possuem uma habilidade única de controlar vários efeitos adversos do meio urbano, colaborando expressivamente na melhoria da qualidade de vida. Muitas prefeituras municipais tem a importante consciência que a arborização urbana é um elemento fundamental para a qualidade de vida da população, por isso elas têm procurado compatibilizar o desenvolvimento e a expansão urbana com o cuidado de seu patrimônio histórico, paisagístico e ambiental, aí se inclui as praças, parques, jardins e outras áreas verdes (GONÇALVEZ e ROCHA, 2003).

Além de todos os benefícios que a arborização pode proporcionar à população, existem outros fatores que ela também é capaz de ajudar, como a captura do carbono existente na atmosfera, sendo capturado e armazenado em sua biomassa arbórea.

As árvores capturam o C (carbono) do meio ambiente através da fotossíntese e estocam o excesso de C, não utilizado no processo, na forma de biomassa arbórea. O C continuará estocado até que seja liberado novamente pela respiração ou por outra modificação química (SAMPSON 1989). As dinâmicas de CO² das florestas transformam-se ao longo do tempo pelo crescimento, decadência e morte natural. As influências humanas sobre florestas (ex. manejos) podem afetar ainda mais essa dinâmica de produção/estoque de CO² através de fatores como corte/utilização da biomassa e emissões de combustível de fóssil (NOWAK; CRANE, 2002).

O sequestro de carbono efetivado pelas árvores é essencial para amenizar a elevação da temperatura ambiente. As plantas, por terem a capacidade fotossintética, fixam o CO₂ atmosférico biossintetizando na forma de carboidratos, guardando-os na parede celular (RENNER, 2004). O sequestro de carbono é simplesmente realizado pelas árvores, o fuste de uma árvore é formado por 80% de carbono e na fase de crescimento elas são consideradas verdadeiras aspiradoras de CO₂ da atmosfera. Por precisarem de uma abundância maior de carbono em sua etapa de crescimento, as árvores retiram esse elemento do ar, auxiliando assim na redução de CO₂ na atmosfera (TONON, 2007).

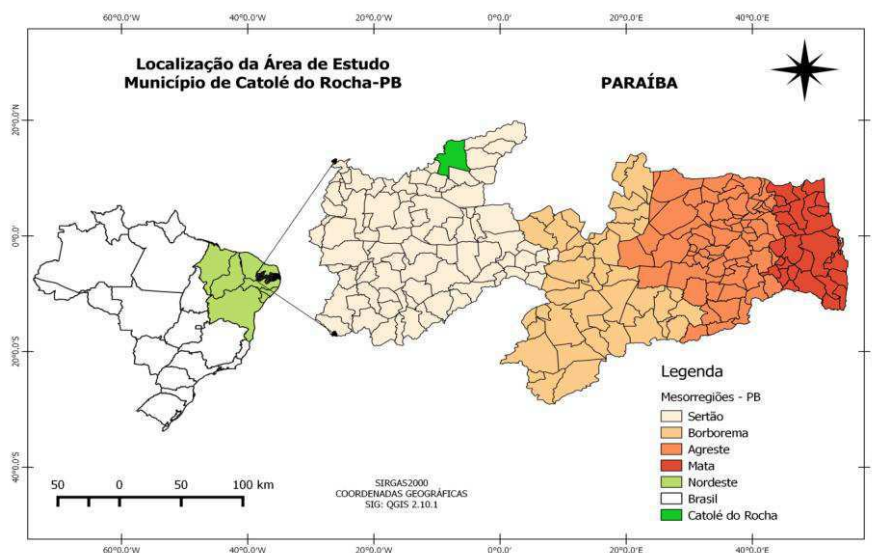
O presente trabalho teve como objetivo estimar a biomassa arbórea e a captação do carbono através de equação alométrica e analisar qual fração da árvore tem a capacidade de absorver mais carbono.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE 2010) a cidade de Catolé do Rocha-PB, onde a pesquisa foi realizada, localiza-se a 22°48'57"S, 47°03'33"O, com altitude de 272m na mesorregião Sertão Paraibano (Figura 1).

Figura 1— Localização geográfica da cidade de Catolé do Rocha.



Fonte — Dados da pesquisa

O clima da região, segundo a classificação de Köppen (ALVARES, et al., 2014), é do tipo BSh semiárido, quente com chuvas de verão e, segundo a divisão do Estado da Paraíba em

regiões bioclimáticas, possui bioclima 4bTh de seca média com 5 a 7 meses secos. A estação chuvosa ocorre de janeiro a julho, sendo que nesta época as chuvas caem mais nos meses de fevereiro, março e maio, o que chamamos de inverno.

O relevo da região apresenta uma superfície ondulada, formada por elevações que são parte do Planalto da Borborema, com o município inserido no polígono das secas. De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE 2010), a cidade apresenta uma área total de 552 km², com uma população de 29.794 habitantes, distribuída em 20 bairros.

2.2 Inventário Florístico

Foi realizado o inventário de todos os indivíduos presentes nas três ruas arborizadas e nas três praças selecionadas para a pesquisa, onde se utilizou ficha de campo, previamente preparada, contendo as seguintes informações: identificação da espécie, altura total e altura da primeira bifurcação (utilizando uma vara graduada), circunferência a altura do peito (com fita métrica), para posterior conversão em diâmetro à altura do peito (DAP), diâmetro da copa (sentidos N-S e L-W). Todos os indivíduos avaliados foram georreferenciados para posterior elaboração de mapas de distribuição. Os dados obtidos foram tabulados em planilha eletrônica Microsoft Excel®.

2.3 Estimativa da biomassa e captura do carbono através de equações alométricas

O carbono da biomassa arbórea viva foi calculado conforme metodologia descrita por Arevalo et al. (2002), onde, segundo os autores, existem diversos modelos para estimar os volumes de biomassa arbórea, todos indiretamente por inferência de suas principais medidas biométricas, geralmente, altura DAP e densidade da madeira ou da espécie arbórea. Nessa pesquisa, foi utilizada a equação alométrica para calcular a biomassa arbórea para indivíduos vivos (kg/árvore), a saber:

$$BA = 0,1184 \times DAP^{2,53} \quad (3)$$

Onde:

BA = biomassa de árvores vivas e mortas em pé

0,1184 = constante

DAP= diâmetro da altura do peito DAP (cm)

2,53 = constante

Posteriormente, foi calculado o carbono na biomassa vegetal total (t/ha), através da equação:

$$\text{CBV (t/ha)} = \text{BVT} \times 0,45 \quad (4)$$

Onde:

CBV (t ha⁻¹) = carbono na biomassa vegetal

BVT = biomassa vegetal total

0,45 = constante

2.4 Quantificações dos teores de carbono

Nas espécies selecionadas para estimar o teor do carbono pelo método direto foram coletadas amostras de folhas, galhos finos (Figura 2) e do caule para análise e quantificação do teor de carbono em laboratório.

Figura 2 – Coleta de folhas e galhos finos das espécies arbóreas presentes nas praças e ruas da cidade de Catolé do Rocha-PB, para determinação do teor de carbono.



Fonte: Dados da pesquisa

A seleção das árvores para quantificação do teor de carbono foi feita após consulta ao banco de dados do inventário, sendo escolhidas as espécies de maior ocorrência e representatividade na área avaliada, exceto na Praça José Sérgio Maia, devido ao tamanho da praça e a disponibilidade de fonte de energia para fazer a coleta do material do tronco, no qual

seria necessária uma furadeira. As espécies escolhidas foram o *Ficus benjamina* (Ficus) e *Azadirachta indica* (Nim) na Rua Marechal Deodoro da Fonseca, *Azadirachta indica* e *Pachira aquatica* (Munguba) na Rua Manoel Pedro e na Rua Barão do Rio Branco com *Pithecellobium dulce* (Mata Fome) e a *Azadirachta indica*; já nas praças foram escolhidas três espécies, Praça José Sergio Maia foi a *Tamarindus indica* (Tamarindo), *Ceiba speciosa* (Paineira) e *Ficus benjamina*, na Praça Sérgio Maia foi *Mangifera indica* (Mangueira), *Spondias mombin* (Cajazeira) e *Azadirachta indica* e, por fim, a Praça Jerônimo Rosado, foram escolhidos três indivíduos de *Mangifera indica* por ter sido a espécie que mais se apresentou nessa praça.

Em vários pontos da copa foram coletadas amostras compostas de galhos com folhas, sendo posteriormente separadas. A amostragem da madeira no caule foi feita com o uso de furadeira com broca oca (Figura 3).

Figura 3 – Furadeira com broca utilizada para retirada de amostras da madeira do caule para análise do teor de carbono.



Fonte: Dados da pesquisa

Após esse procedimento, foi feito o fechamento do local no caule com o uso de silicone. Todas as frações coletadas foram acondicionadas em sacos de papel, devidamente identificadas e secas em estufa a 70°C por 24 horas; depois, as amostras foram passadas em moinho do tipo

Wiley, acondicionadas em potes plásticos, devidamente identificados e encaminhadas ao Laboratório de Análise de Solo, Água e Planta da Embrapa Semiárido em Petrolina-PE.

O teor de carbono total das amostras (folhas, galhos finos e caule) foi determinado pelo analisador de carbono LECO, modelo C-144, que analisa o carbono pela combustão total, na qual a amostra é submetida à temperatura de 1.000 °C por cerca de 60 segundos. Nesse método, a amostra de material sólido é levada à combustão, sendo que um sensor detecta a quantidade de dióxido carbono (CO₂) gerado, relacionando automaticamente com a quantidade de carbono elementar existente na amostra, sendo os dados registrados em um software.

2.5 Análise dos dados

A partir dos dados da análise do teor de carbono das amostras, foi feita a comparação dos valores pelo teste F e para as frações foi aplicado o teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, a fim de conhecer qual a fração da biomassa (folhas, galhos finos e caule) que apresenta maior potencial de concentração e sequestro de carbono na espécie estudada.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Inventário florístico

Mediante a realização do inventário florístico das áreas selecionadas para o estudo, foram inventariados 401 indivíduos, sendo 257 na Praça José Sergio Maia, 96 na Praça Sérgio Maia, 14 na Praça Jerônimo Rosado, 15 na rua Marechal Deodoro da Fonseca, 10 na rua Manoel Pedro e 9 na rua Barão do Rio Branco, distribuídos em 18 famílias botânicas, os quais variaram quanto a forma de vida, como arbóreo, arbustivo e herbáceo.

Nas ruas selecionadas para o estudo, as famílias botânicas que mais se destacaram foram a *Meliaceae* (14 indivíduo do gênero *Azadirachta*), a *Moraceae* (7 indivíduos do gênero *Ficus*) e as famílias *Lecythidaceae* e *Fabaceae* com 5 indivíduos cada dos gêneros *Pachira* e *Pithecellobium*, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1- Espécies vegetais encontradas nas ruas estudadas na cidade de Catolé do Rocha -PB.

Rua Marechal Deodoro da Fonseca							
Nº	Família	Nome científico	Nome vulgar	Forma de vida	Origem	Qtd ⁽¹⁾	Fr (%) ⁽²⁾
1	<i>Moraceae</i>	<i>Ficus benjamina</i>	Ficus	Arbóreo	Exótica	7	46,6
2	<i>Meliaceae</i>	<i>Azadirachta indica</i>	Nim	Arbóreo	Exótica	6	40
3	<i>Papaveraceae</i>	<i>Papaver somniferum</i>	Papola	Herbácea	Exótica	1	6,7
4	<i>Liliaceae</i>	<i>Lilium</i>	Líro	Herbácea	Exótica	1	6,7
Rua Manoel Pedro							
Nº	Família	Nome Científico	Nome vulgar	Forma de vida	Origem	Qtd ⁽¹⁾	Fr (%) ⁽²⁾
1	<i>Meliaceae</i>	<i>Azadirachta indica</i>	Nim	Arbóreo	Exótica	4	40
2	<i>Anacardiaceae</i>	<i>Mangifera indica</i>	Mangueira	Arbóreo	Exótica	1	10
3	<i>Lecythidaceae</i>	<i>Pachira aquatica</i>	Munguba	Arbóreo	Nativa	5	50
Rua Barão do Rio Branco							
Nº	Família	Nome Científico	Nome vulgar	Forma de vida	Origem	Qtd ⁽¹⁾	Fr (%) ⁽²⁾
1	<i>Meliaceae</i>	<i>Azadirachta indica</i>	Nim	Arbóreo	Exótica	4	45
2	<i>Fabaceae</i>	<i>Pithecellobium dulce</i>	Mata fome	Arbóreo	Exótica	5	55

Qtd⁽¹⁾ = quantidade; Fr (%)⁽²⁾ = frequência (%)

Um detalhe importante que vale ser destacado refere-se à dominância das espécies exóticas sobre as nativas nas paisagens das ruas avaliadas. Na Rua Marechal Deodoro da Fonseca só registrou-se a presença de quatro espécies diferentes, sendo todas exóticas, com destaque para o *Ficus benjamina* e *Azadirachta indica* com sete e seis repetições,

respectivamente. Na Rua Manoel Pedro apenas três espécies apareceram, duas sendo exóticas e uma nativa. O destaque dessa rua ficou com a *Pachira aquatica*, com cinco ocorrências e *Azadirachta indica* com quatro repetições. Por fim, na Rua Barão do Rio Branco registrou-se apenas duas espécies, a *Pithecellobium dulce* com cinco indivíduos e a *Azadirachta indica* com quatro indivíduos, sendo ambas espécies exóticas.

Já nas praças, as famílias botânicas que se destacaram foram a *Papaveraceae* (63 indivíduos, todos do gênero *Papaver*), a *Fabaceae*, (55 indivíduos distribuídos em dez espécies distintas) e a família *Bignoniaceae* com 41 indivíduos de três espécies diferentes (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2- Espécies vegetais encontradas nas Praças Sérgio Maia e Jerônimo Rosado na cidade de Catolé do Rocha -PB.

Praça Sérgio Maia							
Nº	Família	Nome Científico	Nome vulgar	Forma de Vida	Origem	Qtd ⁽¹⁾	Fr (%) ⁽²⁾
1	<i>Malvaceae</i>	<i>Ceiba speciosa</i>	Paineira	Arbóreo	Nativa	1	1,05
2	<i>Arecaceae</i>	<i>Acrocomia aculeata</i>	Macajuba	Arbóreo	Nativa	1	1,05
3	<i>Papaveraceae</i>	<i>Papaver somniferum</i>	Papoula	Herbácea	Exótica	58	61,1
4	<i>Fabaceae</i>	<i>Caesalpinia pulcherrima</i>	Flamboyant-mirim	Arbóreo	Exótica	1	1,05
5	<i>Arecaceae</i>	<i>Roystonea oleracea</i>	Palmeira Imperial	Arbóreo	Exótica	8	8,4
6	<i>Meliaceae</i>	<i>Azadirachta indica</i>	Nim	Arbóreo	Exótica	8	8,4
7	<i>Nyctaginaceae</i>	<i>Bougainvillea spectabilis</i>	Primavera Amarela	Arbusto	Nativa	1	1,05
8	<i>Nyctaginaceae</i>	<i>Bougainvillea</i>	Três Maria Rosa	Arbusto	Nativa	2	2,1
9	<i>Anacardiaceae</i>	<i>Spondias mombin</i>	Cajazeira	Arbóreo	Exótica	3	3,2
10	<i>Arecaceae</i>	<i>Bismarckia nobilis</i>	Palmeira Azul	Arbóreo	Exótica	1	1,05
11	<i>Rutaceae</i>	<i>Murraya paniculata</i>	Jasmim	Arbusto	Exótica	4	4,2
12	<i>Anacardiaceae</i>	<i>Mangifera indica</i>	Mangueira	Arbóreo	Exótica	4	4,2
13	<i>Moraceae</i>	<i>Ficus elastica</i>	Fala Seringueira	Arbóreo	Exótica	2	2,1
14	<i>Liliaceae</i>	<i>Lilium</i>	Lírio	Arbusto	Exótica	1	1,05
Praça Jerônimo Rosado							
Nº	Família	Nome Científico	Nome vulgar	Forma de vida	Origem	Qtd ⁽¹⁾	Fr (%) ⁽²⁾
1	<i>Anacardiaceae</i>	<i>Mangifera indica</i>	Mangueira	Arbóreo	Exótica	8	78,7
2	<i>Malvaceae</i>	<i>Ceiba speciosa</i>	Paineira	Arbóreo	Nativa	1	7,1
3	<i>Combretaceae</i>	<i>Terminalia catappa</i>	Castanhola	Arbóreo	Exótica	1	7,1
4	<i>Chrysobalanaceae</i>	<i>Licania tomentosa</i>	Oitizeiro	Arbóreo	Nativa	1	7,1

Qtd⁽¹⁾= quantidade; Fr (%)⁽²⁾ = frequência (%)

Nas praças foram contabilizados indivíduos exóticos, porém, a concorrência com as espécies nativas é bem maior em relação às ruas. O cenário da vegetação utilizada nas praças da cidade de Catolé do Rocha tem grande representação das espécies, sendo 52% de espécies nativas e 48% de espécies exóticas. Assim, a beleza das áreas verdes de Catolé do Rocha está

bem representadas com mais exemplares de espécies nativas, diferindo do que normalmente ocorre na região onde a predominância das exóticas é ainda muito frequente.

A tabela 3 apresenta a lista com os indivíduos que ocorreram mais de cinco vezes na Praça José Sérgio Maia, por ser a maior praça da cidade e, conseqüentemente, foi a que mais se destacou na quantidade de espécies representadas, totalizando 262 indivíduos neste local, bem diversificada.

Tabela 3- Espécies vegetais mais encontradas na Praça José Sérgio Maia da cidade de Catolé do Rocha -PB.

Praça José Sérgio Maia							
Nº	Família	Nome Científico	Nome vulgar	Forma de vida	Origem	Qtd ⁽¹⁾	Fr (%) ⁽²⁾
1	<i>Bignoniaceae</i>	<i>Tabebuia aurea</i>	Craibeira	Arbóreo	Nativa	6	2,29
2	<i>Fabaceae</i>	<i>Acacia parviceps</i>	Acacia	Arbóreo	Exótica	9	3,43
3	<i>Fabaceae</i>	<i>Caesalpinia echinata</i>	Pau Brasil	Arbóreo	Nativa	20	7,63
4	<i>Arecaceae</i>	<i>Roystonea oleracea</i>	Palmeira Imperial	Arbóreo	Exótica	23	8,77
5	<i>Bignoniaceae</i>	<i>Tabebuia serratifolia</i>	Pau D'arco	Arbóreo	Nativa	12	4,58
6	<i>Meliaceae</i>	<i>Azadirachta indica</i>	Nim	Arbóreo	Exótica	25	9,54
7	<i>Lecythidaceae</i>	<i>Pachira aquatica</i>	Munguba	Arbóreo	Nativa	13	4,96
8	<i>Moraceae</i>	<i>Ficus benjamina</i>	Ficus	Arbóreo	Exótica	11	4,19
9	<i>Fabaceae</i>	<i>Prosopis juliflora</i>	Algaroba	Arbóreo	Exótica	7	2,67
10	<i>Nyctaginaceae</i>	<i>Bougainvillea glabra</i>	Três Maria Branca	Arbustivo	Nativa	6	2,29
11	<i>Malvaceae</i>	<i>Ceiba speciosa</i>	Paineira	Arbóreo	Nativa	7	2,67
12	<i>Bignoniaceae</i>	<i>Handroanthus albus</i>	Ipezinho Amarelo	Arbóreo	Nativa	23	8,77
13	<i>Nyctaginaceae</i>	<i>Bougainvillea</i>	Três Maria	Arbustivo	Nativa	16	6,07

Qtd⁽¹⁾ = quantidade; Fr (%)⁽²⁾ = frequência (%)

As três espécies que mais se destacaram nessa praça foram as exóticas *Azadirachta indica* (25 indivíduos) e *Roystonea oleracea* (23 indivíduos) e a nativa *Handroanthus albus* (23 indivíduos).

No Brasil, segundo Rezende e Santos (2010), as espécies exóticas são muito utilizadas no ambiente urbano. Como exemplo a cidade de Maringá-PR que, de acordo com Blum, Borgo e Sampaio (2008) está entre as mais arborizadas do país, onde apenas 24,1% das espécies são nativas. E ainda é possível citar outras cidades que tem frequência de espécies exóticas no seu meio urbano, como a cidade do Rio de Janeiro-RJ com 84,7% de espécies exóticas (ZILLER, 2001), Pato Branco-PR com 60% segundo Silva et al (2007) e, por fim, Cachoeira do Sul-RS com 58% das espécies sendo exóticas, segundo Lindenmaier e Santos (2008).

Nota-se que a Praça José Sérgio Maia foi a mais representativa da arborização da cidade, tornando-a um lugar bonito e aconchegante, por ter diversas árvores de porte alto, deixando o

ambiente mais agradável para a população. Segundo Cavalheiro (1995), a riqueza da vegetação pode servir como indicador de qualidade ambiental dentro do ambiente urbano, mostrando, assim, inversamente o grau de alteração do ambiente. Pode-se afirmar também, que uma representativa variedade de espécies em um local urbano venha a tornar uma melhor harmonia ecológica. Desse modo, o surgimento de novas espécies em novos habitats contribui para as interações ecológicas, pode-se até citar a competição, a simbiose e a predação, dificultando ainda mais o advento de pragas, as quais as populações estão sujeitas a grandes riscos.

3.2 Estimativa da biomassa e captura do carbono através de equações alométricas.

Na estimativa da biomassa e do carbono vegetal foi necessário realizar os cálculos de acordo com a quantidade de fustes encontrados nas áreas de estudo. Na Praça Sérgio Maia foram amostrados 30 indivíduos entre arbóreos e palmeiras, totalizando 38 fustes de diversas espécies analisadas (Tabela 3), onde foi medido o CAP (Circunferência Altura do Peito) (Figura 4) para ser transformado em DAP (Diâmetro a Altura do Peito); em seguida, foi encontrado a BA (Biomassa da Árvore) e o CBV (Carbono da Biomassa Vegetal) através das equações alométricas.

Figura 4- Medição do CAP no fuste das árvores na cidade de Catolé do Rocha-PB para determinação da biomassa.

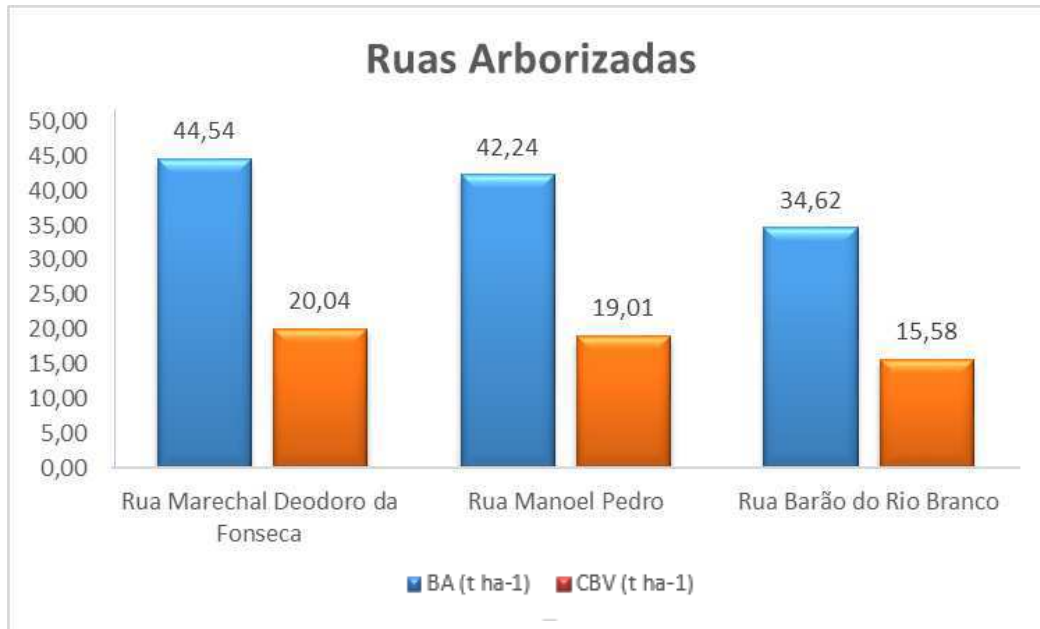


Fonte: Dados da pesquisa.

De posse dos resultados obtidos pelo inventário, foi calculada a estimativa da biomassa arbórea, com o auxílio das equações alométricas e, posteriormente, estimados os valores da

biomassa e do carbono armazenado na biomassa das árvores. A seguir, na figura 5 são apresentados os valores estimados da biomassa e do carbono vegetal das ruas arborizadas.

Figura 5- Estimativa da biomassa ($t\ ha^{-1}$) e do carbono vegetal ($t\ ha^{-1}$) das espécies arbóreas presentes nas ruas de Catolé do Rocha-PB, através de equações alométricas.

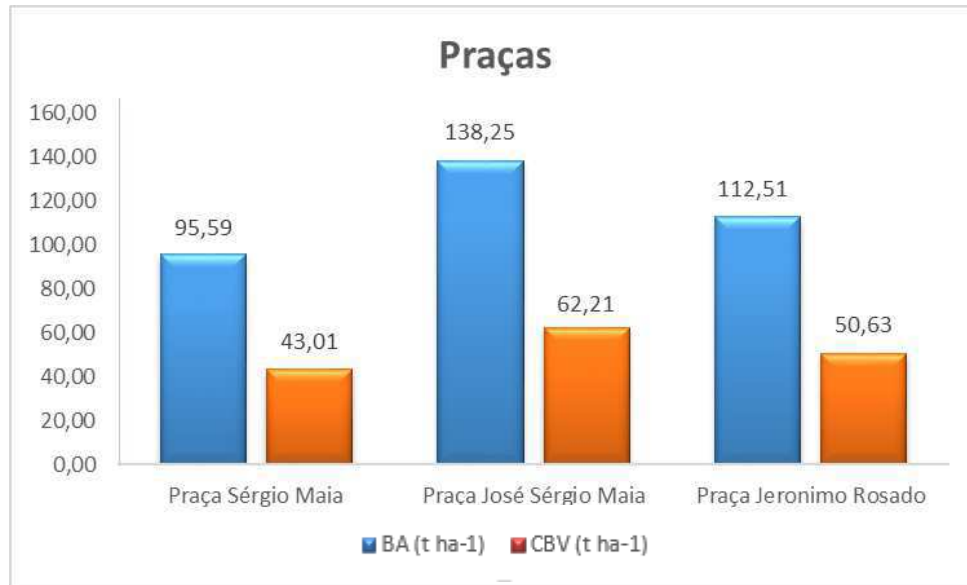


Em relação aos resultados da biomassa arbórea e carbono vegetal, houve um comportamento diferenciado entre as ruas amostradas, o que é explicado pelas diferentes quantidades de árvores existentes em cada rua. A maior biomassa média obtida foi a da Rua Marechal Deodoro da Fonseca, com $44,54\ t\ ha^{-1}$ de biomassa e de $20,04\ t\ ha^{-1}$ de carbono vegetal.

Citron e Mascaró (2010), estudando a captura do carbono atmosférico pelas espécies arbóreas nativas do Rio Grande do Sul, constataram aumento na absorção de carbono pelas árvores de 0,2 para 1,7 toneladas. Segundo esses autores, a arborização executada de forma planejada, com a introdução de árvores de crescimento médio e rápido contribui com o aumento da eficiência da captura do carbono, trazendo benefícios à ambiência urbana.

Utilizando o mesmo procedimento, foi feita a estimativa da biomassa e do carbono vegetal (Figura 6) das três praças e a comparação dos resultados de biomassa arbórea e carbono vegetal estimados entre as áreas estudadas. Para obtenção dos valores reais foi realizada a transformação dos valores obtidos nas praças, utilizando a mesma metodologia desenvolvida nas ruas.

Figura 6- Estimativa da biomassa ($t\ ha^{-1}$) e do carbono vegetal ($t\ ha^{-1}$) através das equações alométricas nas Praças de Catolé do Rocha-PB.



A Praça José Sérgio Maia foi a que mais destacou na produção de biomassa e captura do carbono, com valores de $138,25\ t\ ha^{-1}$ e $62,21\ t\ ha^{-1}$ de carbono vegetal, respectivamente. Esses valores mais elevados devem-se à arborização mais abundante, com a presença de espécies com taxas de crescimento diferentes, com árvores de médio e grande porte, bem desenvolvidas, algumas atingindo mais de 30 metros de altura e que normalmente não recebem interferência de podas sucessivas. Já a Praça Jerônimo Rosado, apesar de possuir uma área pequena, possui espécies bem desenvolvidas, com altos DAP, o que contribuiu com a segunda maior média de biomassa encontrada nas praças avaliadas. A Praça Sergio Maia, que é a segunda maior praça da cidade, possui muitos arbustos e, para a estimativa da biomassa e do carbono utilizando a equação, usou apenas o DAP das espécies arbóreas.

Ressalta Laera (2011) que a quantificação de carbono armazenado no arboreto, o monitoramento das alterações no volume individual de fitomassa das árvores permite orientar ações de manejo que priorizem o incremento de plantio em áreas de baixo estoque e a preservação e integridade dos indivíduos arbóreos, de acordo com a relevância em nível de quantidade de carbono estocado. Sendo assim, com o objetivo de reduzir a emissão de carbono decorrente da redução de fitomassa na arborização pública, haveria uma redução no total de árvores podadas, estando as intervenções restritas somente à necessidade caracterizada por dano, conflito ou risco, diagnosticado a partir de critérios exclusivamente técnicos e executados de acordo com um planejamento e da necessidade de retorno ao indivíduo arbóreo.

Para Russo et al. (2014) essas diferenças na produção de biomassa e captura do carbono pode ser devido a incapacidade de determinar as taxas de crescimento das espécies e vários fatores, como solo e condições climáticas, bem como características de manutenção, como irrigação e disponibilidade de luz.

Neste contexto, percebe-se que os maiores valores médios de biomassa e captura do carbono foi obtida nos ambientes com condições mais satisfatórias e onde a interferência nos indivíduos arbóreos, com o manejo da poda, praticamente é nula. Esses resultados são importantes para estabelecer critérios para o planejamento e o manejo da arborização urbana nas cidades, de modo a tornar mais eficiente a captura do carbono atmosférico no ambiente urbano, principalmente nas cidades da região semiárida da Paraíba, onde poucas ações são direcionadas para essas áreas.

Estudos dessa natureza, segundo Russo et al. (2014), podem ser usados para planejar, projetar e gerenciar cidades de modo a maximizar o potencial das árvores urbanas para fornecer serviços ecossistêmicos e para políticas de créditos de carbono.

3.3 Quantificações dos teores de carbono

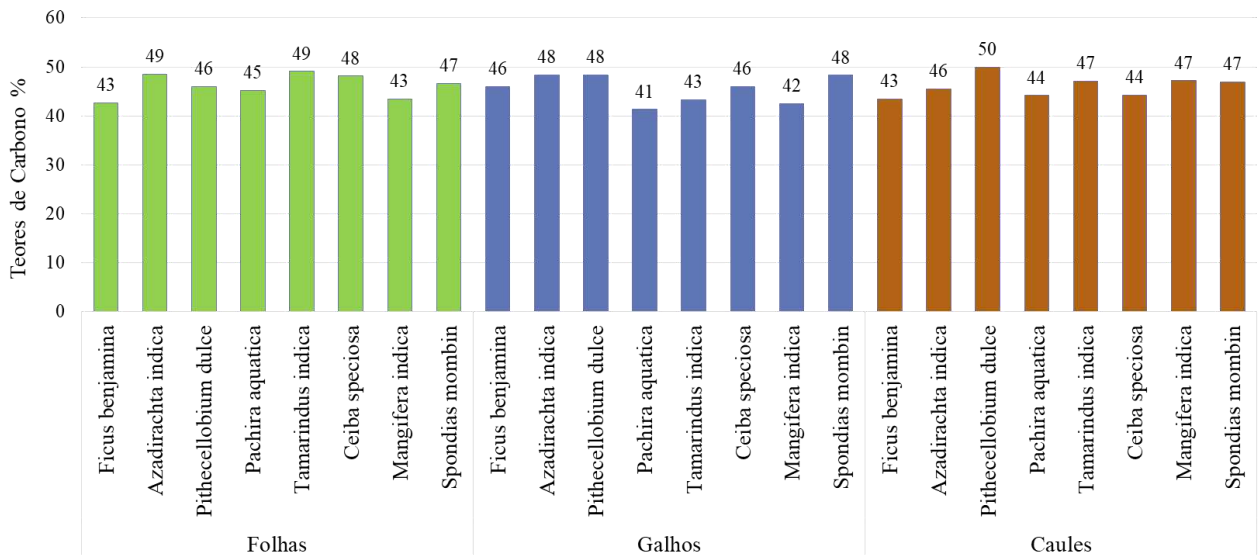
Na Figura 7 estão apresentados os teores médios de carbono para cada espécie e compartimento analisados. Constatou-se que os teores de carbono das espécies analisadas não ultrapassaram o valor de 50%, onde apenas uma espécie, *Pithecellobium dulce* (Mata fome), no compartimento caule alcançou esse resultado, sendo comum encontrar valores entre 43% e 49%. Para a espécie *Ceiba speciosa*, os maiores teores foram encontrados nas folhas, com média de 48,2%. No caso da espécie *Ficus benjamina* (Ficus) e *Spondias mombin* (Paineira), os maiores teores foram encontrados nos galhos com 46% e 48%, respectivamente. A espécie *Pachira aquatica* (Munguba) foi a que apresentou as menores variações entre os teores de carbono no compartimento galhos, com média de 41%.

A folhagem da espécie *Azadirachta indica* (Nim) junto com *Tamarindus indica* (Tamarindo) apresentaram o maior teor encontrado, com 49% cada. Para os caules, a espécie que apresentou menor valor de teor de carbono foi a Ficus, com 43%, o segundo menor valor mais baixo encontrado para o carbono presente na biomassa do caule foi da espécie *Pachira aquática*, com 44%.

Balbinot et al. (2003), em estudo realizado no Rio grande do Sul, encontraram em um povoamento de 5 anos de idade para a espécie *Pinus taeda*, os teores médios de carbono para

casca, acícula, madeira, raízes e galhos de 40%, 47%, 3%, 45%, 7%, 42%, 8% e 43%, respectivamente.

Figura 7 – Valores médios encontrados para o teor de carbono por compartimentos nas espécies arbóreas estudadas na cidade de Catolé do Rocha.



Pode-se ver que a espécie que mais se destacou, no maior teor de carbono encontrado em seu compartimento caule, foi o mata fome, chegando a ter 50% de teor de carbono, porém, quando se avalia o conjunto da obra em sequestro de carbono e conforto térmico, essa espécie não é a mais indicada para ocupar um lugar na arborização da cidade, por não ter uma copa densa que venha amenizar a temperatura local e por ter acúleos que possa ferir os transeuntes do local, onde se busca uma melhoria no conforto térmico e uma boa captura de carbono, levando em consideração esses argumentos, a melhor opção para se arborizar as ruas de uma cidade são espécies de pequeno porte, que possa oferecer um conforto diante de sua copa como, por exemplo, nesse estudo observa-se que o Nim se saiu bem, por mais que seja exótica, tanto na captura do carbono em todos os compartimentos analisados, como ele apresenta uma copa adequada que contribui de maneira significativa para o conforto térmico das cidades, diminuindo as zonas de ilhas de calor.

As espécies de porte arbóreo maior, como a paineira e a tamarindeira, podem ser utilizadas para enriquecer mais ainda as áreas verdes da cidade e para a criação de novas áreas verdes, onde as ilhas de calor se destacam, pois se sabe que o aglomerado de árvores se torna eficiente na captura e regula a temperatura ambiente para níveis satisfatórios.

Na tabela 4 consta a análise de variância do teor de carbono nas espécies arbóreas nos ambientes estudados. Não se verificou diferença significativa nas médias, inclusive na interação ambiente x fração, pelo teste F ao nível de 1% de significância.

Tabela 4- Análise de variância dos teores de carbono nas espécies arbóreas

FV	GL	SQ	QM	F
Ambiente	1	16,06	16,06	0,058 ^{ns}
Fração	2	132,33	66,17	0,237 ^{ns}
Ambiente x Fração	2	17,44	8,72	0,031 ^{ns}
Resíduo	12	3344,67	278,72	
Total	17	3510,5		

** e ns: significativo a 1% e não significativo, respectivamente pelo teste F.

A tabela 5 apresenta as médias dos teores de carbono das frações vegetais analisadas em seus determinados ambientes, comprovando, assim, que não houve diferença dos teores nas frações e as espécies das ruas arborizadas em valores percentuais praticamente não variaram. Já as espécies presentes nas praças variaram nos valores registrados para galhos. No entanto, nos dois ambientes avaliados a fração folhas apresentou a média mais elevada desse elemento.

Tabela 5- Valores médios dos teores de carbono (g kg^{-1}) nas diferentes frações das espécies arbóreas na cidade de Catolé do Rocha-PB.

Fração	Ruas Arborizadas	Praças	Média
Galhos	461,75 (46,175%)	457,21 (45,721%)	459,47 A (45,947%)
Folhas	465,97(46,597%)	465,01 (46,501%)	465,48 A (46,548%)
Caule	465,60 (46,560%)	465,18 (46,518%)	465,39 A (46,539%)
Média	464,44 (46,444%)	462,47 (46,247%)	
DMS			25,73
CV (%)			3,6

Médias seguidas de mesma letras maiúscula, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade. DMS: diferença mínima significativa. CV: Coeficiente de variação

Diante dos dados obtidos com a quantificação de carbono armazenado nas diferentes frações das árvores, principalmente nas folhas, é possível orientar ações de manejo a ser realizadas pelos órgãos competentes, em especial a poda, onde a redução de fitomassa de forma desordenada reduz a quantidade de carbono estocado. As intervenções nas árvores que compõem o arboreto urbano deve garantir o potencial de captura de carbono dos diferentes indivíduos vegetais que prestam relevantes serviços ecossistêmicos à sociedade.

Silva (2011), ao estudar os contaminantes atmosféricos em avenidas principais da cidade de Patos-PB, através da análise de vegetais arbóreos usados como bioindicadores, constatou que os teores de C nas folhas das espécies arbóreas em todos os locais escolhidos para o estudo, apresentaram pequena variação, indicando ser um elemento estável nas folhas. O autor ressalta que o mecanismo de absorção de C pelas espécies estudadas se assemelha e que a presença da vegetação arbórea nos centros urbanos é essencial para a mitigação de C do ar, uma vez que esse elemento é indispensável na atividade fisiológica da planta, refletindo na produção de biomassa.

Urbano (2007) realizou um estudo no centro metropolitano de Curitiba com apenas a espécie *Mimosa scabrella* e encontrou valores para os teores de carbono de 454,6 g kg⁻¹ para as folhas, 441,3 g kg⁻¹ para galhos finos e 436,8 g kg⁻¹ para o fuste. Assim, de acordo com a literatura, os valores encontrados no presente estudo estão condizentes com os relatados em pesquisas realizadas em outras regiões, onde os valores estão sempre entre 400 e 500 g kg⁻¹, aproximadamente, para todos os compartimentos.

Para Dallagnol et al. (2011), ao estudarem a espécie *Mimosa scabrella*, constataram-se que esta apresentou o teor mais elevado de carbono em toda a sua biomassa, com teores que oscilaram entre 44,68 e 45,33%. Destaca os autores que quando se leva em consideração somente os teores, essa espécie apresenta alto potencial para fixação de carbono.

Diante do exposto, ao comparar os dados obtidos na tabela 7, onde se considerou apenas os teores de carbono, os resultados indicam que as espécies analisadas quanto aos teores de C, que são utilizadas na arborização das praças e ruas da cidade de Catolé do Rocha-PB, são potencialmente fixadoras de carbono, já que registraram teores superiores aos reportados por Dallagnol et al. (2011), influenciando ativamente na qualidade ambiental do meio urbano.

Plantar árvores em ambientes urbanos, de acordo com Muneroli e Mascaró (2010), além de ser um importante meio de captura do carbono da atmosfera, aumenta a cobertura do dossel, diminui a intensidade das ilhas de calor nas cidades, com consequente resfriamento das edificações nas épocas quentes, gerando economia de energia. Além disso, o conhecimento das espécies é fundamental na elaboração de projetos que visem à melhoria da arborização urbana, fornecendo um estudo mais completo sobre a eficiência da arborização para captura do carbono atmosférico, uma vez que existem poucas informações e aplicações no Brasil.

4 CONCLUSÕES

O *Azadirachta indica* e o *Tamarindus indica* são muito eficientes para o sequestro de carbono através das folhas;

As espécies *Pithecellobium dulce* e *Ceiba speciosa* deveriam ser mais exploradas na arborização de Catolé do Rocha, tendo em vista sua alta eficiência de sequestro de carbono, principalmente no caule.

Por ordem decrescente, verificou-se que as espécies *Tamarindus indica*, *Azadirachta indica* e *Ceiba speciosa* foram as que mais fixaram carbono nas folhas.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C.A; STAPE, J. L; SENTELHAS, P. C; GONÇALVES, J. L. M; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p.711–728, 2014.
- AREVALO, L. A.; ALEGRE, J. C.; VILCAHUAMAN, L. M. Metodologia para estimar estoque de carbono em diferentes sistemas de uso da terra. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. Embrapa floresta. **Documentos 73**, v. 10, n. 2, p. 41
- BALBINOT. R; SCHUMACHER. M.V; WATZLAWICK. L.F. Inventário do carbono orgânico em um plantio de *Pinus taeda* aos 5 anos de idade no Rio Grande do Sul. **Revista Ciências Exatas**. Paraná - PR, v. 5, n. 1, p. 59-68. 2003
- BLUM, C.T.; BORGIO, M.; SAMPAIO, A.C.F. Espécies exóticas invasoras na arborização de vias públicas de Maringá-PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v.3, n.2, p.78-97, 2008.
- CAVALHEIRO, F. Urbanização e alterações ambientais. In: TAUKE, S. M. **Análise Ambiental: uma visão multidisciplinar**. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1995. p.114-124.
- DALLAGNOL, F. S., MOGNON, F., SANQUETTA, C. R., DALLA CORTE, A. P. Teores de carbono de cinco espécies florestais e seus compartimentos. **Floresta e Ambiente**, v. 18, n. 4, p. 410-416, 2011.
- GONÇALVEZ, S.; ROCHA, F. T. Caracterização da arborização urbana do bairro de Vila Maria Baixa. **Conscientia e Saúde**, ano/vol2. Universidade Nove de Julho, São Paulo, Brasil, 2003, pp. 67-75.
- KRAMER, J. A.; KRUPKEK, R. A. Caracterização florística e ecológica da arborização de praças públicas do município de Guarapuava, PR. **Revista Árvore**, v. 36, n. 4, p. 647-658, 2012.
- LACERDA, M. A. et al. Levantamento florístico da arborização urbana nas principais vias públicas do município de Boa Ventura–PB. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 7, n. 4, p. 12-16, 2013.
- LAERA, L. H. M, **Potencialidades da Cidade do Rio de Janeiro no contexto da política global do clima - Um enfoque em árvores urbanas**. 183f. 2011. Tese (Doutorado em Meio Ambiente). Universidade do Estado do Rio de Janeiro, RJ
- LINDENMAIER, D. S.; SANTOS, N.O. Arborização urbana das praças de Cachoeira do Sul – RS – Brasil: fitogeografia, diversidade e índices de áreas verdes. **Pesquisas, Botânica**, n. 59. p. 307-320. 2008.
- MUNEROLI, C. C; MASCARÓ, J. J. Arborização urbana: uso de espécies arbóreas nativas na captura do carbono atmosférico. **REVSBAU**, v.5, n.1, p.160-182, 2010

NOWAK, D. J, CRANE, D .I. E. Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. **Environmental Pollution**, v.116, p. 381-389, 2002.

RENNER, R. M. **Sequestro de Carbono e viabilização de novos reflorestamentos no Brasil**. Disponível em: <[https://www.ufrgs.br/necon/2evavea\(3\).pdf](https://www.ufrgs.br/necon/2evavea(3).pdf)>. Acesso em: 15 junho. 2016.

REZENDE, T. M.; SANTOS, D. G. Avaliação quali-quantitativa da arborização das praças do bairro Jaraguá, Uberlândia – MG. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v.5, n.2, p.139-157, 2010.

RIBEIRO, F. A. B. S. Arborização urbana em Uberlândia: percepção da população. **Revista da Católica**, Uberlândia, v. 1, n. 1, p. 224-237, 2009

RUSSO, A; ESCOBEDO, F. J; TIMILSINA, N; SCHMITT, A. O; VARELA, S; ZERBE, S. Assessing urban tree carbon storage and sequestration in Bolzano, Italy. **International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management**, v. 10, n. 1, p. 54–70, 2014.

SAMPSON, R. N. Needed: a new vision for our communities. **Shading Our Cities**, Gary Moll and Sara Ebenreck, eds., pp. 3-12. Island Press, Washington, DC, 1989.

SILVA, M. F. **Avaliação da qualidade do ar utilizando espécies arbóreas na cidade de Patos-PB**. 2011. 63 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2011.

URBANO, E. **Quantificação e estimativa aérea da biomassa e do carbono fixado em árvores de bracatingais nativos da região metropolitana de Curitiba**. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

VOLPE-FILIK, A.; SILVA, L. F.; LIMA, A. M. P. Avaliação da arborização de ruas do bairro São Dimas na cidade de Piracicaba-SP através de parâmetros qualitativos. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização urbana**, v.2, n.1, p. 34- 43, 2007.

ZILLER, S. R. Plantas exóticas invasoras: a ameaça da contaminação biológica. **Revista Ciência Hoje**, n. 178, p. 77–79. 2001.