



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JULIO DE MESQUITA FILHO"  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS



Trabalho de Formatura

Curso de Graduação em Engenharia Ambiental

Análise microclimática funcional da Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade:  
Comparação entre os períodos 1889-1917, 1971-1999 e 1999-2011.

Fábio Uessugui

Prof. Dr. José Luiz Timoni

Rio Claro (SP)

2012



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JULIO DE MESQUITA FILHO"  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS



FÁBIO UESSUGUI

**ANÁLISE MICROCLIMÁTICA FUNCIONAL DA  
FLORESTA ESTADUAL EDMUNDO NAVARRO DE  
ANDRADE: COMPARAÇÃO ENTRE OS PERÍODOS  
1889-1917, 1971-1999 E 1999-2011.**

*Trabalho de Formatura apresentado ao  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas,  
Campus de Rio Claro (SP), da Universidade  
Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho,  
para obtenção do grau de Engenheiro  
Ambiental.*

Orientador: José Luiz Timoni

Rio Claro (SP)

2012

634.9  
U22a

Uessugui, Fábio

Análise microclimática funcional da Floresta Estadual  
Edmundo Navarro de Andrade: comparação entre os períodos  
1889-1917, 1971-1999 e 1999-2011 / Fábio Uessugui. - Rio  
Claro : [s.n.], 2012  
26 f. : il., gráfs., tabs.

Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Ambiental) -  
Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e  
Ciências Exatas

Orientador: José Luiz Timoni

1. Florestas. 2. Mudanças climáticas. 3. Microclima. 4.  
Temperatura. 5. Função florestal. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP  
Campus de Rio Claro/SP

## **Agradecimentos**

Agradeço aos meus pais, Hélio e Emília, e meus irmãos, Gustavo e Olívia, por todo o incentivo, a dedicação, a confiança e a compreensão durante o período em que residi e estudei em Rio Claro. E, principalmente, pela presença constante em minha vida.

Agradeço aos meus familiares, avós, tio (a)s e primo (a)s, por toda confiança em meu trabalho e que me auxiliaram no que foi preciso.

Agradeço aos meus companheiros e amigos da República Sete Anões, Arthur, Carlos A., Carlos E. , Daniel M., Daniel P., Davis, Érico, João, Leonardo, Lucas C., Lucas D., Matheus e Tales, por terem compartilhado comigo os bons momentos universitários e pela amizade que, com certeza, será eterna.

Agradeço ao Prof. Dr. José Luiz Timoni, por toda sua paciência, compreensão e dedicação para a realização deste trabalho.

Agradeço ao amigo, Eng. Rafael Camarinho, pelo apoio dado em minhas conquistas profissionais e pessoais.

Agradeço ao pessoal da Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade, Consuelo, Mariana, Luana, Marcos, Wesley, Larissa, Zé por todo apoio e consideração prestados.

Agradeço aos professores do curso, pela presença nas salas de aula e fora delas, pela compreensão e dedicação, que fazem do curso cada vez melhor.

Agradeço aos amigos da República Safari, pelo apoio e amizade, importantes para o desenvolvimento do trabalho.

Agradeço aos meus colegas de curso, por toda a presença em meu cotidiano, que diretamente ou indiretamente contribuíram no desenvolvimento deste trabalho.

*“O que nós somos é o que fazemos, e o que fazemos é o que o ambiente nos faz fazer.”*

*John B. Watson*

## **Resumo**

Atualmente as florestas em todo o mundo, enfrentam intempéries de diversas vertentes. A variabilidade climática e suas adversidades alteram, significativamente, a dinâmica da floresta, influenciando diretamente no seu funcionamento. As atividades humanas interferem nas funções das florestas, seja por supressão da cobertura vegetal, seja por reflorestamento nas áreas desmatadas. Face a influência da atividade antrópica e da mudança climática em florestas, o presente trabalho apresenta de forma comparativa e analítica, uma situação, a nível microclimático, da Floresta Estadual “Edmundo Navarro de Andrade” (FEENA), no município de Rio Claro. Mediram-se as temperaturas máximas, mínimas e médias em períodos distintos no entorno da FEENA: de 1889 a 1917, de 1971 a 1999 e de 1999 até 2011. O que permitiu sugerir mudanças ocorridas no microclima do seu entorno e, provavelmente, na dinâmica florestal.

**Palavras-chave:** microclima, mudanças climáticas, temperatura, atividade antrópica, Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade.

## **Abstract**

Currently the forests around the world face different aspects of weather. Global climate change and its adversities alter significantly the dynamics of the forest, directly influencing the operation. Human activities interfere in the functions of forests, either by removal of vegetation, either by reforesting deforested areas. Given the influence of human activity and climate change on forests, this project presents a comparative and analytical situation, the microclimatic level, the State Forest Edmundo Navarro de Andrade (FEENA), in Rio Claro. We measured the temperature maximum, minimum and average in different periods surrounding the FEENA, from 1889 to 1917, 1971 to 1999 and from 1999 to 2011. What allowed to suggest changes in the microclimate of your surroundings and probably in forest dynamics.

**Keywords:** microclimate, climate change, temperature, human activity, Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade.

## SUMÁRIO

|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| INTRODUÇÃO.....                                                 | 9  |
| Microclima.....                                                 | 9  |
| Histórico da Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade ..... | 10 |
| OBJETIVO .....                                                  | 12 |
| REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....                                     | 12 |
| MATERIAL E MÉTODOS .....                                        | 14 |
| Caracterização da área de estudo .....                          | 14 |
| <i>Município da área de estudo</i> .....                        | 15 |
| <i>Vegetação da área de estudo</i> .....                        | 16 |
| Levantamento e aplicação dos dados.....                         | 17 |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO.....                                     | 18 |
| CONCLUSÕES.....                                                 | 23 |
| RECOMENDAÇÕES .....                                             | 24 |
| Medição de temperatura no interior da FEENA .....               | 24 |
| Medições da temperatura do solo.....                            | 24 |
| Valores e variação da luminosidade.....                         | 25 |
| Medições de carbono.....                                        | 25 |
| Material Particulado.....                                       | 25 |
| Poluição do ar.....                                             | 26 |
| Manejo florestal .....                                          | 26 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                                | 27 |

## **INTRODUÇÃO**

Os ambientes terrestres localizados mais afastados da linha do Equador, como áreas tropicais e subtropicais, possuem grande variação térmica, podendo apresentar normalmente temperaturas altas durante o dia. Nessas regiões, a presença e a capacidade de áreas florestais em manter seu ambiente em temperaturas amenas e úmidas são importantes para a grande parte da biota presente.

Dentro do contexto, as mudanças climáticas, ocasionadas pelo aquecimento global, afetam o planeta como um todo, provocando alterações em regimes de chuvas, aumento ou queda de temperatura, eventos extremos em algumas regiões do mundo. Agravado pelo homem, através de atividades de queimas de combustíveis fósseis, supressão vegetal, dentre outras, o efeito estufa aumenta a temperatura da superfície terrestre. As florestas, em sua grande parte, funcionam como reguladoras das variáveis climáticas, como temperatura, umidade, ventos, etc. A interferência ocasionada pelo efeito estufa e outros fatores, fazem com que se altere a sua dinâmica, assim como o micro clima de uma região.

Devido à importância da problemática das mudanças ambientais oriundas das atividades humanas e da evolução temporal e ambiental destas, este trabalho vem acrescentar informações referentes aos estudos micro climatológicos da região do município de Rio Claro, São Paulo, mais especificamente na área de entorno da Floresta Estadual “Edmundo Navarro de Andrade”, FEENA.

### **Microclima**

O clima influencia a vida do homem, desta forma se torna necessário conhecer os dados e adentos climáticos da região em que se pretendem desenvolver estudos que possam ser influenciados por estas variáveis.

Para caracterizar o clima das diversas regiões do globo, este é dividido em zonas de climas similares, chamadas regiões climáticas. O Brasil apresenta grande extensão territorial e está localizado entre dois trópicos, sendo identificados vários e diferentes tipos de clima. Desta forma a identificação correta dos elementos que caracterizam o clima da localidade em

estudo é de fundamental importância na caracterização dos fenômenos relacionados ao comportamento da atmosfera.

Podem-se distinguir três níveis de abordagem: macroclimático, mesoclimático e microclimático. O nível macroclimático trata da interação entre a radiação solar, a curvatura da Terra e seus respectivos movimentos, gerando os aspectos climáticos referentes ao planeta como um todo, como os movimentos atmosféricos de grande escala, tais como a circulação geral da atmosfera. Já o nível mesoclimático preocupa-se com a interação entre a energia disponível (para o processo de evaporação e geração dos campos de pressão atmosférica) e as feições da superfície, constituindo-se objeto de estudo, nesse nível, os climas locais. Com relação ao nível microclimático, existe muita controvérsia com relação aos seus limites, entretanto, os autores que estudam o microclima são unânimes em reconhecer a existência de um nível escalar mais próximo dos indivíduos (MONTEIRO, 1999).

O micro clima, segundo GEIGER (1965), é definido como a variação dos elementos meteorológicos nas camadas de ar junto ao solo, em áreas de superfície restrita, por suas diferentes características e umidade, pelo tipo e altura de vegetação que o cobre.

### **Histórico da Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade**

O engenheiro agrônomo Edmundo Navarro de Andrade é considerado um dos pais da silvicultura brasileira. Contratado, em 1903, pela Companhia Paulista de Estradas de Ferro para solucionar o problema de abastecimento de lenha da ferrovia, que com o aumento do valor do carvão importado e a crescente supressão vegetal causada pelos cafezais, precisava de alternativas. No início de sua carreira, como diretor do Horto Florestal de Jundiaí, São Paulo, objetiva-se em plantar naquela área o maior número possível de árvores nativas e exóticas. Naquele local, Navarro cultivava espécies diferentes e iniciou pesquisas científicas para a utilização do eucalipto em grande escala com sementes trazidas de Portugal. Esta árvore era utilizada na época apenas para fins ornamentais, de conforto (sombreamento) e como quebra vento.

Após anos de estudo, confirma-se o rápido crescimento e desenvolvimento do eucalipto, além da boa qualidade. Dessa forma, em fevereiro de 1909, a Companhia Paulista de Estradas de Ferro adquire a Fazenda Santa Gertrudes de propriedade do Major Mariano ,

Guimarães, de aproximadamente 2,4 mil hectares no município de Rio Claro, São Paulo, que até o final do século XIX era ocupada por fazendas de café. A empresa compra o terreno devido à escassez de recursos necessários para manutenção e construção de ferrovias, e como forma de suprir a demanda de madeira para dormentes e carvão. Criando assim o Horto Florestal de Rio Claro, onde Navarro de Andrade plantou 144 espécies de eucalipto originado da Austrália, em 1914, dando início ao processo de reflorestamento.

Em 1941, Navarro de Andrade falece, e seu sobrinho Armando Navarro de Andrade assume o cargo deixado pelo tio, ficando até 1961, quando a Companhia Paulista é absorvida pelo Governo do Estado de São Paulo. Em 1971, as cinco ferrovias existentes em São Paulo, são consolidadas pelo Governo do Estado, formando a Ferrovias Paulista S.A (FEPASA) que passa a administrar as ferrovias e instalações, bem como os respectivos hortos florestais. Em 1974, tem início o processo de tombamento do Horto Florestal e do Museu Edmundo Navarro de Andrade pelo Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Cultural, Artístico, Arqueológico e Turístico do Estado de São Paulo (CONDEPHAAT), por causa de sua importância histórica e científica. Em 1977, o Horto é tombado pela resolução s/n de 09 de dezembro de 1977, publicado no Diário Oficial do Estado em 10 de dezembro de 1977.

Na década de 90 o Governo Federal cria o Programa de Desestatização Nacional (PDN), extinguindo diversas empresas estatais, entre elas a FEPASA, que é incluída nas negociações dos precatórios do Estado de São Paulo. Os Hortos Florestais de Rio Claro e de Mongaguá não são incluídos nas negociações de privatização, sendo transferidos para a Secretaria de Estado do Meio Ambiente, em 7 de abril de 1998.

A partir de 2002, pelo decreto estadual nº 46.819, o antigo Horto Florestal foi classificado na categoria de uso sustentável, como Floresta Estadual, que tem a finalidade do manejo sustentável dos recursos naturais, a pesquisa e a visitação pública, tornando-se a Floresta Estadual “Edmundo Navarro de Andrade”, FEENA.

No decorrer dos 94 anos de existência, a FEENA passa por diversas transformações e redução de sua área, em especial em suas divisas com o município de Rio Claro, onde ocorreram diversas desapropriações para a criação de bairros, além da instalação do campus da Universidade Estadual Paulista, UNESP.

## **OBJETIVO**

O objetivo deste trabalho é comparar e analisar os dados climatológicos de temperatura dos períodos de 1889 a 1917, de 1971 a 1999 e de 1999 a 2011, da área de entorno da FEENA, com a finalidade de observar, através de tabelas e gráficos, as diferenças de temperatura média, máxima e mínima absolutas, ao longo de sua implantação e manejo sofridos no período do estudo. Destacando-se as quedas e aumentos de temperatura de maior relevância para o estudo.

A análise será feita a partir da problemática decorrente de cada período estabelecido, as condições históricas e climáticas regionais, enfatizando a importância do reflorestamento para o microclima da região. Além da comparação e análise, o presente trabalho tem o objetivo de oferecer propostas no contexto deste estudo. Com isso, espera-se obter os resultados que aponte possíveis alterações climáticas causadas ao longo dos períodos, evidenciando uma mudança na função da floresta, como contribuinte ambiental.

## **REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Segundo CONTI (1998), a criação de um novo padrão climático mundial, apoiado nos recursos da tecnologia, mesmo a mais avançada, é uma proeza irrealizável. A dimensão dos processos envolvidos no mecanismo climático global está muito acima da capacidade de intervenção do homem do século XX.

Estudos mostram que a concentração de dióxido de carbono, CO<sub>2</sub>, e a temperatura da atmosfera variaram conjuntamente nas últimas dezenas de milhares de anos. A emissão de gases de efeito estufa (GEE) como o CO<sub>2</sub>, metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e perfluorcarbonetos (PFCs), oriundos da superfície terrestre e de atividades humanas, aumentaram a preocupação de que o aumento da concentração destes GEE na atmosfera pode provocar mudanças climáticas. Como por exemplo, alteração dos ciclos hidrológicos de toda uma região, intensificação e alteração da frequência de eventos extremos. Estas alterações estão relacionadas ao aquecimento global, que é resultado do aumento das concentrações de GEE, aumentando a temperatura média na superfície terrestre. Sendo que, aproximadamente 75% das emissões de CO<sub>2</sub> resultam da queima de combustíveis fósseis e 25% da supressão

vegetal. Estes níveis crescentes de CO<sub>2</sub> provocam alterações notáveis no clima global (FIELD, 1994 e LEONI, 1999).

Sendo assim, as variáveis climáticas (radiação, temperatura do ar, precipitação), pelo papel que desempenham no metabolismo e na ecologia de todos os organismos vivos, podem ser considerados fatores fundamentais para a vida na Terra, e na relação com as mais diversas formas de paisagens (KIMMINS, 1987).

CONTI (1998) reforça a idéia de que a atual instabilidade que se instala no meio ambiente oriunda das atividades humanas, embora resultem em uma grande degradação, não se torna um processo sem retorno. Dando exemplo da capacidade regeneradora da natureza tropical, como no Rio de Janeiro, onde a mata que encobria o maciço montanhoso em torno da cidade, foi removida para dar lugar a plantações de café. A partir de 1862, iniciou-se o processo de recomposição que retornou a região a maior parte de suas características originais.

A necessidade atual de obtenção de grandes volumes de madeira com qualidade uniforme levou a intensas pesquisas e à introdução de nova técnica de manejo. Isso resultou em plantios extensivos de árvores em vários pontos do mundo. A floresta pode se regenerar naturalmente, permitindo a manutenção da diversidade de espécies e de características originais, contudo, pode não ser possível, caso não haja fonte de sementes ou quando a estrutura do solo estiver alterada por causa do desmatamento e cultivo agrícola. Dessa forma, o único meio de reflorestar é com o plantio de espécies de rápido crescimento geneticamente melhoradas. As florestas homogêneas podem ser instaladas para se obter árvores mais produtivas do que as existentes nas matas naturais. Na silvicultura européia tradicional, encorajavam-se mais a regeneração natural pela manipulação do dossel das florestas adultas e pelo controle das ações de derrubada do que pelas plantações florestais. Mas atualmente, em todo o mundo, elas são parte do sistema de uso da terra estabelecendo o equilíbrio entre as demandas e as restrições econômicas, técnicas, ambientais e sociais, desempenhando importantes e diferentes papéis, dependendo da capacidade e propriedade da terra. Esse equilíbrio ideal, no entanto, é difícil de ser alcançado, ainda mais nos países em desenvolvimento, onde é maior a competição e a demanda pela terra. As populações em constante crescimento e a expansão das fronteiras agrícolas e pastagens em locais onde a cobertura vegetal natural está sendo degradada ou destruída pelo abuso e falta de manejo,

restringem as opções disponíveis ao silvicultor. Nessas circunstâncias, a plantação florestal pode ser o único método prático para proteger o solo e as reservas de água e a solução econômica para aqueles que dependem da floresta de subsistência (ADLARD, 1993).

As florestas contribuem para a estabilidade ambiental, por exemplo, com a mitigação das temperaturas extremas, melhorando a distribuição das precipitações na região e prevenindo a erosão e deterioração do solo, além de terem papel fundamental no ciclo do carbono, pois as florestas constituem o maior reservatório de carbono de todos os ecossistemas terrestres e funcionam em muitos casos como sumidouros (CAMPOS, 2001). A quantidade total de carbono armazenada nas florestas da Terra está estimada em, aproximadamente, 47% dos estoques totais de carbono nos solos e vegetação. A biomassa terrestre absorve boa parte do CO<sub>2</sub>, em forma de carbono e o depositam sob a forma de celulose, lignina e outras substâncias relativamente permanentes. Esta característica vem sendo utilizada em florestas plantadas para fins econômico-sociais, já que possuem a capacidade de captura e fixação de carbono durante toda a sua existência (FLORAN, 1989 e SINGH, 1995).

“Em grande parte do planeta, temos confinado as florestas e a vida selvagem em áreas isoladas, não contíguas. Esses organismos serão incapazes de procurar outros lugares, quando o clima mudar. A extinção de espécies será muita acelerada. Um considerável transplante de colheitas e pessoas se tornará necessário.” (SAGAN, 1998).

Sendo assim, a mudança climática também afetará os ecossistemas florestais de diversas formas, seja por aumento de temperatura seja por mudança nos regimes de chuva e de seca, maior velocidade de ventos e maior incidências de incêndios, etc. Algumas destas consequências podem ser benéficas, pois aumentam a taxa de crescimento, como a temperatura, ou maléficas, pois abalam as taxas de crescimento e reservas de carbono, como os incêndios (CAMPOS, 2001).

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Caracterização da área de estudo**

A área de estudo se encontra no município de Rio Claro, na região centro-oeste do Estado de São Paulo. Localizado entre os paralelos 22°16' e 22°36' de latitude sul e entre os

meridianos 47°26' e 47°36' de longitude oeste. A Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade situa-se na porção leste da área urbana de Rio Claro e parte do município de Santa Gertrudes, totalizando em uma área de aproximadamente 2.233,00 hectares.

Segundo a classificação Köppen-Geiger, o clima predominante é do tipo Cwa, clima subtropical úmido, caracterizada por um clima tropical com duas estações bem definidas, sendo seco no inverno e chuvoso no verão. Com a média do mês mais frio variando entre 3°C e 18°C e tendo o mês mais quente com a temperatura superior a 22°C. As temperaturas médias anuais situam-se entre 18,1°C e 20,9°C.

Quanto à geologia e a pedologia, a FEENA está localizada em área de ocorrência de três tipos de formações geológicas: a Formação Corumbataí (pertencente ao grupo Passa Dois), a Formação Serra Geral (do Grupo São Bento) e a Formação Rio Claro (correspondente a depósitos cenozoicos).

Quanto à hidrologia, a FEENA encontra-se, em quase toda sua extensão, na margem esquerda do rio Ribeirão Claro, que possui grande expressão na região, com a importância de abastecimento urbano do município de Rio Claro. Cortando a Floresta Estadual no sentido oeste-leste estão dois principais tributários do Ribeirão Claro, o Córrego Santo Antônio e o Córrego Ibitinga (represado na porção final de seu curso, dando origem ao lago dentro dos limites da FEENA). A Floresta ainda é interceptada pelo Córrego Lava-pés, também afluente do Ribeirão Claro.

#### *Município da área de estudo*

O município de Rio Claro possui uma área de 499,9 km<sup>2</sup>, sendo a sua área urbanizada de aproximadamente 28 km<sup>2</sup>. Localizado no Centro-Oeste do Estado de São Paulo, faz divisa com os municípios Corumbataí, Leme, Piracicabas, Araras, Santa Gertrudes, Itirapina e Ipeúna. Possui uma população de 187.637 habitantes, segundo estimativa IBGE 2011, sendo que aproximadamente 85% da população é urbana e 15% rural. A densidade demográfica é de 337,31 hab/km<sup>2</sup> (IBGE, 2000) e possui uma taxa de urbanização de 97,6% (IBGE, 2004).

A frota de veículos tem média de crescimento anual de 7%, em 2009, o município tinha uma frota de 115 mil veículos.

A área rural de Rio Claro está voltada economicamente para o cultivo da cana de açúcar, cítricos e pastagem. A área urbana está voltada ao comércio e a indústria, onde o município possui o Distrito Industrial localizado na zona norte, ocupando uma área de 11 milhões de m<sup>2</sup>, que abriga empresas de fibras de vidro, tubo e conexões, balas e caramelos, peças automotivas, nutrição de animais, dentre outros. Outra característica industrial, é que forma com as cidades de Limeira, Piracicaba, Cordeirópolis, Santa Gertrudes, Araras e Ipeúna, o maior pólo cerâmico das Américas.

#### *Vegetação da área de estudo*

A vegetação da área, em 1909 durante a expansão ferroviária, era composta por matas mesófilas (bioma da Mata Atlântica), capoeiras e plantações de café. O antigo Horto Florestal de Rio Claro serviu de base experimental para Edmundo Navarro de Andrade, que estudava o desempenho das espécies exóticas, em especial o eucalipto, num estudo de cerca de 100 espécies arbóreas. Em 1910, Navarro de Andrade introduziu na área da FEENA os primeiros indivíduos de *Eucalyptus* sp no Brasil, plantando, em 1914, cerca de 140 espécies oriundas da Austrália e outras regiões do mundo. Formando-se a “Coleção em Linhas” e a “Coleção em Talhões”, áreas experimentais desta cultura florestal, ainda existentes, que possibilitaram a dispersão destas espécies para todo o Brasil. Atualmente, a área da FEENA abriga cerca de 60 espécies das originalmente introduzidas, com algumas árvores centenárias, de valor biológico e histórico incomensurável.

Em 1916, com a expansão territorial do Horto Florestal, realizou-se o plantio de espécies nativas do Brasil, como o angico, canela, cedro, guatambu, ipê, jacarandá, jequitibá, marfim e sassafrás. Apesar de não apresentarem crescimento rápido esperado nos estudos de Navarro, as espécies foram preservadas, encontrando-se ainda hoje nos sub-bosques formados entre os talhões de eucalipto, tendo um papel fundamental, como contribuinte para a recomposição florística e paisagística da FEENA. A vegetação arbórea nativa ocupa atualmente porção significativa da Floresta Estadual, seja nas áreas marginais dos corpos d'água, nos sub-bosques, onde os indivíduos de *Eucalyptus* compõem o estrato dominante e as espécies ativas se desenvolvem no estrato inferior, ou nos talhões experimentais de

espécies nativas. Ambientalmente estas porções de vegetação têm importância, se submetidas a um manejo que assegure o processo de sucessão, ou seja, sua preservação.

Em 1937, foi criado o Arboreto, localizado próximo ao lago. Sua função original era o de subsidiar estudos comparativos entre as espécies nativas e exóticas. Composto por um canteiro central e outros 10 canteiros ao seu redor, além de um talhão com essências exóticas e outro com essências nativas. Nos 11 canteiros foram plantados originalmente 496 indivíduos arbóreos de 204 espécies diferentes.

### **Levantamento e aplicação dos dados**

Os dados levantados correspondem a três períodos, 1889 a 1917, totalizando 28 anos, 1971 a 1999, totalizando 28 anos, e 1999 a 2011, totalizando 12 anos. Estes dados são referentes às temperaturas médias, máximas e mínimas absolutas mensais de cada período.

No primeiro período, os dados foram coletados a partir de documentos históricos, com dados climatológicos, pertencentes ao arquivo da Floresta Estadual “Edmundo Navarro de Andrade”. Nesta época predominavam as plantações de café na área de estudo, e a partir de 1914 iniciou-se o processo de reflorestamento com eucaliptos.

No segundo período a floresta de eucaliptos e seu sub-bosque já apresentavam estágio avançado de desenvolvimento. Os dados de 1971 a 1993 foram coletados no Horto Florestal, e a partir de 1994, até o terceiro período, iniciou-se a coleta na Estação Meteorológica do Centro de Análise e Planejamento Ambiental (CEAPLA) da UNESP de Rio Claro, São Paulo.

A partir do levantamento foi realizada a tabela o período de 1999 a 2011, subdivididas entre os meses de Janeiro a Dezembro. A cada mês, calculou-se as temperaturas média, máxima e mínima absolutas. Para o cálculo da temperatura máxima e mínima absoluta, levantaram-se as temperaturas mais altas ou mais baixas de cada mês dos períodos, e a mais ou menos elevada foi tabelada. A partir das temperaturas máxima e mínima, calculamos a média, e finalizamos a tabela.

As tabelas correspondentes aos períodos de 1889 a 1917 e de 1971 a 1999 foram adquiridas através de um artigo realizado por CERDOURA, K. B., ALBUQUERQUE, K. V. e TIMONI, J. L., onde o mesmo procedimento foi aplicado.

Após o desenvolvimento das tabelas, produzimos gráficos para que possamos facilitar a visualização dos dados e a discussão do estudo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados levantados foram feitas as tabelas correspondentes aos períodos 1889 a 1917, 1971 a 1999 e 1999 a 2011, que se apresentam a seguir:

**Tabela 1: Quadro de Temperatura Média, Máxima e Mínimas Absolutas - FEENA 1889-1917.**

| MESES     | TEMPERATURA (°C) |          |       |
|-----------|------------------|----------|-------|
|           | MÁX. AB.         | MÍN. AB. | MÉDIA |
| Janeiro   | 36,2             | 11,2     | 24,3  |
| Fevereiro | 35               | 11       | 23,4  |
| Março     | 35,5             | 11,2     | 22,8  |
| Abril     | 34,5             | 5        | 20,8  |
| Maio      | 32,5             | 2,0      | 18,1  |
| Junho     | 31,0             | 0,4      | 16,7  |
| Julho     | 33,5             | 1,8      | 16,9  |
| Agosto    | 24,6             | 0,3      | 18,4  |
| Setembro  | 35,5             | 2,2      | 19,8  |
| Outubro   | 36,8             | 5,0      | 21,3  |
| Novembro  | 37,0             | 8,0      | 22,5  |
| Dezembro  | 36,4             | 9,0      | 23,3  |
| MEDIA     | 34,0             | 5,6      | 20,7  |

Fonte: Cerdoura, K.B., Albuquerque, K.V. e Timoni, J.L. Artigo: *Efeito do reflorestamento no microclima do horto florestal “Edmundo Navarro de Andrade”, Rio Claro, SP.*

**Tabela 2: Quadro de Temperaturas Médias, Máximas e Mínimas Absolutas – FEENA  
1971-1999.**

|           | TEMPERATURA (°C) |             |       |
|-----------|------------------|-------------|-------|
| MESES     | MÁX.<br>AB.      | MÍN.<br>AB. | MÉDIA |
| Janeiro   | 30,6             | 16          | 22,9  |
| Fevereiro | 30,4             | 16,1        | 23,0  |
| Março     | 30,4             | 15,2        | 22,7  |
| Abril     | 29,7             | 11,6        | 21,2  |
| Maio      | 28,5             | 8,5         | 19,0  |
| Junho     | 27,6             | 5,7         | 17,4  |
| Julho     | 28,1             | 5,6         | 17,5  |
| Agosto    | 30,1             | 6,7         | 18,7  |
| Setembro  | 31,2             | 9,2         | 20,0  |
| Outubro   | 31,4             | 11,5        | 21,3  |
| Novembro  | 31,1             | 13,3        | 22,0  |
| Dezembro  | 29,9             | 14,6        | 22,4  |
| MEDIA     | 29,9             | 11,2        | 20,7  |

Fonte: Cerdoura, K.B., Albuquerque, K.V. e Timoni, J.L. Artigo: *Efeito do reflorestamento no microclima do horto florestal “Edmundo Navarro de Andrade”, Rio Claro, SP.*

**Tabela 3: Quadro de Temperaturas Médias, Máximas e Mínimas Absolutas – FEENA  
1999-2011.**

|           | TEMPERATURA (°C) |             |       |
|-----------|------------------|-------------|-------|
| MESES     | MÁX.<br>AB.      | MÍN.<br>AB. | MÉDIA |
| Janeiro   | 36,6             | 14,2        | 24,5  |
| Fevereiro | 35,6             | 14,2        | 24,8  |
| Março     | 35,0             | 13,0        | 24,3  |
| Abril     | 33,2             | 4,4         | 22,5  |
| Maio      | 31,8             | 3,0         | 19,0  |
| Junho     | 31,5             | 1,0         | 18,2  |
| Julho     | 33,0             | 0,2         | 18,2  |
| Agosto    | 35,5             | 1,6         | 19,7  |
| Setembro  | 37,0             | 2,0         | 21,5  |
| Outubro   | 38,4             | 8,4         | 23,4  |
| Novembro  | 36,0             | 10,0        | 23,7  |
| Dezembro  | 36,0             | 11,0        | 24,3  |
| MEDIA     | 35,0             | 6,9         | 22,0  |

A Tabela 1 apresenta a temperatura máxima absoluta de 37°C no mês de novembro, e a mínima absoluta de 0,3°C no mês de junho, tendo temperatura média de 20,7°C. A média máxima absoluta, para o período em questão (1889 a 1917), é 34°C e a mínima 5,6°C.

A Tabela 2 apresenta a temperatura máxima absoluta de 31,4°C no mês de outubro, e a mínima absoluta de 5,6°C no mês de julho, tendo temperatura média de 20,7°C. A média máxima absoluta, para o período em questão (1971 a 1999), é de 29,9°C e a mínima de 11,2°C.

A Tabela 3 apresenta a temperatura máxima absoluta de 38,4°C no mês de outubro, e a mínima absoluta de 0,2°C no mês de julho, tendo temperatura média de 22°C. A média máxima absoluta, para o período em questão (1999 a 2011), é de 35°C e a mínima de 6,9°C.

Comparando as tabelas 1 e 2 observamos a queda das temperaturas máximas absolutas do período de 1971 a 1999, em todos os meses, exceto agosto que no primeiro período (1889 a 1917) era 24,6°C e passou para 30,1°C no segundo período. O mês de agosto do primeiro período tinha a menor temperatura máxima, já no novo período o mês de menor temperatura máxima passou a ser junho com 27,6°C. A média das temperaturas máximas absolutas diminuiu no período mais recente (29,9°C) em relação ao primeiro (34°C), e a média das mínimas absolutas aumentou, de 5,6°C do primeiro período para 11,2°C do segundo período.

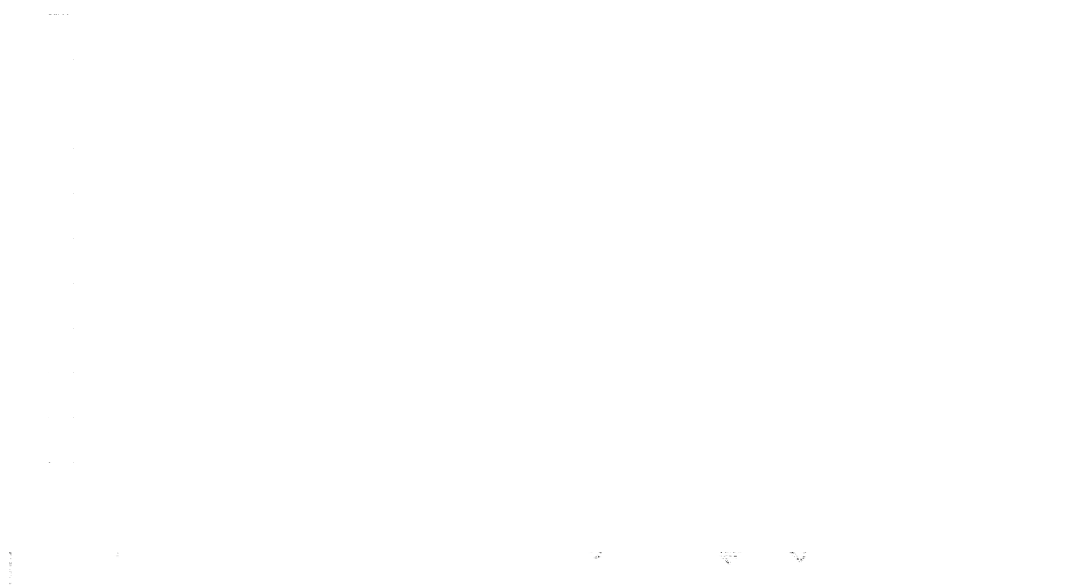
Comparando as tabelas 2 e 3 observamos um aumento das temperaturas máximas absolutas do período de 1999 a 2011, em todos os meses. Em ambas as tabelas, o mês de menor temperatura máxima é junho. Em relação à temperatura mínima absoluta, observamos uma queda, sendo a maior temperatura mínima do período de 1971 a 1999 de 16,1°C enquanto no outro período 1999 a 2011 é de 14,2°C. A média das temperaturas máximas absolutas aumentou no período mais recente (35°C) em relação ao outro período (29,9°C), e a média das mínimas absolutas diminuiu de 11,2°C do primeiro período para 6,9°C do período mais recente.

Comparando as tabelas 1 e 3, que correspondem aos períodos de 1889 a 1917 e de 1999 a 2011, observamos que as temperaturas máximas absolutas não variaram tanto, exceto pelo mês de agosto do primeiro período. A média das temperaturas máximas absolutas aumentou 1,0°C no período mais recente (35°C) em relação ao outro período (34°C), enquanto

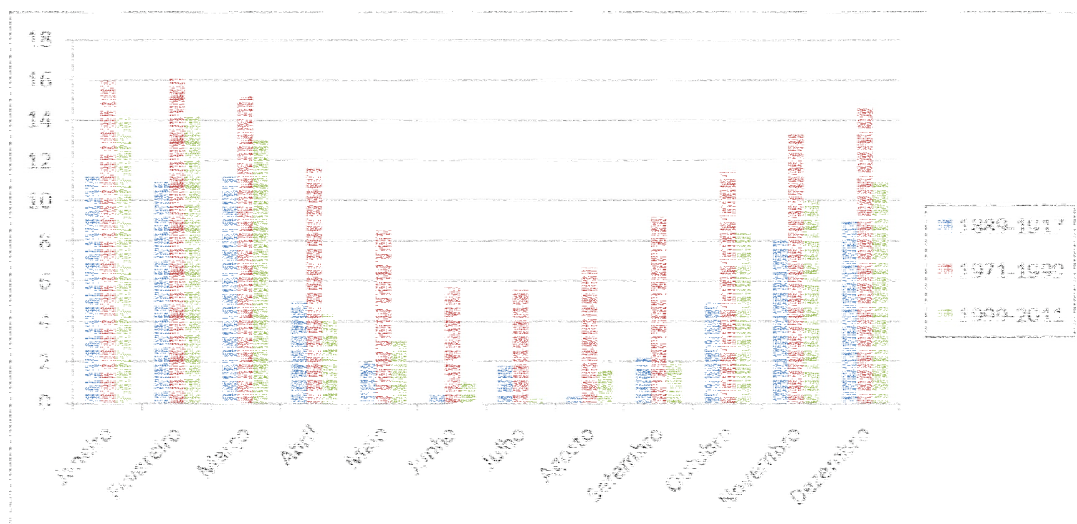
a média das mínimas absolutas aumentou 1,3°C, no primeiro período de 5,6°C para 6,9°C do período mais recente.

As tabelas demonstram uma variação nas temperaturas média, máxima e mínima absolutas, que podem ser visualizadas com os gráficos desenvolvidos a partir dos dados tabelados:

**Gráfico 1: Temperaturas Máximas Absolutas (°C)**



**Gráfico 2: Temperaturas Mínimas Absolutas (°C)**



Através do gráfico 1 podemos observar que as temperaturas máximas absolutas diminuíram no período de 1971 a 1999, e voltaram a aumentar no período de 1999 a 2011, o que evidencia a importância de conforto climático da presença da floresta, pois em 1971 o Horto Florestal se encontrava em estágio avançado de desenvolvimento. Ou seja, a área de cobertura vegetal era maior, diminuindo a temperatura em seu interior e entorno. O aumento de temperatura no período seguinte, retorna a região ao mesmo estado climático em que ela se encontrava no período em que predominavam as plantações de café, a floresta, possivelmente, perdeu a sua função de estabilidade climática.

Observando o gráfico 2, o mesmo ocorre porém as temperaturas mínimas absolutas no período de 1971 a 1999, são maiores do que as do período anterior e posterior. Cabe observar, também, que em relação ao período de 1889 a 1917, as temperaturas mínimas do período mais atual, 1999 a 2011, aumentaram, exceto nos meses de abril, julho e setembro, devido a eventos climáticos ocorridos na região na época em questão. O aumento de temperatura mínima evidencia o conforto térmico que a FEENA causava na área de entorno, no caso na época a floresta contava com uma cobertura e número de indivíduos bem maior que atualmente, que funcionava como barreira de ventos.

## CONCLUSÕES

A partir dos resultados e discussões, foi possível evidenciar que a FEENA sofreu alterações e mudanças microclimáticas ao longo de seus anos de existência. Os dados obtidos evidenciam o aumento da temperatura e a perda da função da floresta, como reguladora do clima.

A temperatura variou ao longo dos períodos, sendo que entre 1971 a 1999, época em que a floresta se encontrava em seu clímax de desenvolvimento, as temperaturas máximas absolutas caíram significativamente. O que demonstrou que a presença do Horto Florestal ocasionava um microclima regional, e a floresta mantinha suas funções climáticas. Porém, a temperatura voltou a aumentar entre o período de 1999 a 2011, retornando a situação de 1889 a 1917 (plantações de café). Ou seja, o clima da região se comporta como se a floresta não estivesse presente, sugerindo um estágio sucessional de clímax.

Este aumento de temperatura, em 2011, pode ser evidência do impacto do aquecimento global, que afeta diversas regiões do mundo, influenciando o desenvolvimento e comportamento das florestas. Outros fatores determinantes seriam as alterações causadas pelo homem e pela própria natureza, a supressão vegetal, em virtude da expansão urbanística, incêndios (raios solares ou criminosos), poluição (aumento de CO<sub>2</sub> no ar, material particulado, outros), ventos mais fortes (quedas naturais de árvores), mudança de regimes de chuva e secas.

A supressão vegetal se dá devido ao presente crescimento urbano de Rio Claro, que avança sobre os limites da FEENA causando a perda de território da floresta. Além da expansão urbanística, há a queda natural de árvores, sejam por ventos, raios ou incêndios, e há a atividade humana, que muitas vezes criminosa, usa de meios para desmatar, para a retirada de madeira. Contribuindo para a diminuição do número de indivíduos da floresta, influenciando no microclima regional e dinâmica da floresta. A presença do pólo cerâmico e das indústrias instaladas no município, e a crescente frota veicular aumentam a poluição e concentração de gases, e materiais particulados, que também causam efeitos adversos no horto florestal. Conseqüentemente a mudança nos padrões climatológicos faz com que a floresta perca a capacidade de absorção do carbono, de evapotranspiração, de desenvolvimento (sucessão) e da função climática.

Enfim, o microclima da FEENA na área de entorno retornou à situação de cerca de 90 anos atrás, onde o reflorestamento começava a surgir, sob as mãos de Navarro de Andrade. Atualmente, por causa das atividades humanas que diretamente ou indiretamente influenciam no clima global e regional, acabam por afetar as florestas, que perdem gradativamente o seu papel climático, e agravam mais ainda o problema do aquecimento global.

## **RECOMENDAÇÕES**

Para fins de implementação e desenvolvimento do presente trabalho foram feitas as seguintes recomendações:

### **Medição de temperatura no interior da FEENA**

As temperaturas do presente estudo foram coletadas na Estação Meteorológica do CEAPLA, área de entorno da FEENA, ou seja, há diferenças entre as temperaturas do interior e entorno da floresta. Sendo, assim, a recomendação é de que sejam medidas temperaturas no interior da floresta, e posteriormente, compará-las às temperaturas medidas na área de entorno. Para que o estudo possa ser mais desenvolvido e obter-se análises comparativas entre a floresta e seu entorno, para melhor analisar o microclima proporcionado pela floresta, podendo também evidenciar a perda de função desta.

### **Medições da temperatura do solo**

A temperatura do solo é importante para a atividade funcional das raízes de uma planta (absorção de água e nutrientes) e para o controle de atividades microbiológicas, altas e baixas temperaturas do solo podem afetá-las. Sendo assim, importante a medição da temperatura do solo no interior e no entorno da FEENA, pois segundo GEIGER (1980) o microclima do solo florestal é essencialmente diferente do microclima de um solo nu, fora da floresta, para implementação do presente trabalho.

### **Valores e variação da luminosidade**

O microclima de uma floresta se caracteriza pela modificação sofrida na luz que penetra através da cobertura das árvores. Segundo WHATLEY & WHATLEY (1982), uma parte da radiação solar que chega ao dossel da floresta é refletido, parte é absorvida pelas copas das árvores, e, posteriormente, transmitida para o interior da floresta, e uma última parte penetra na vegetação. Sendo, assim, importante o cálculo da variação da luminosidade e radiação solar, para estudo microclimático da FEENA e outras unidades florestais.

### **Medições de carbono**

A floresta tem importância no armazenamento e absorção de carbono da atmosfera. No processo de fotossíntese é que ocorre a retenção de carbono nos vegetais e na matéria orgânica no solo. Sendo assim, ecossistemas com grande biomassa e com solo pouco perturbado, no caso das florestas, retêm carbono, sob a forma de  $\text{CO}_2$ , durante muito tempo. Caso haja a supressão ou incêndio da floresta, todo o carbono armazenado será emitido de volta para a atmosfera, agravando o aquecimento global.

Diante desta problemática, se faz necessário para implementar o presente trabalho, medições do carbono armazenado na vegetação e no solo da FEENA, a fim de se verificar o potencial de armazenamento da floresta, destacando-se a importância desta como sumidouro de  $\text{CO}_2$ .

### **Material Particulado**

O estudo e análise do material particulado, presente na atmosfera da região, se faz necessário como recomendação neste estudo, devido à presença da cultura canavieira (queimadas) e, principalmente, pela presença do maior pólo cerâmica da América Latina. O material particulado, embora pouco tóxico às plantas, pode induzir o aparecimento de lesões foliares e redução na fotossíntese. Dada a falta de conhecimento a respeito dos particulados sobre a floresta, e dada a problemática enfrentada na região, recomenda-se o estudo deste problema, para análise funcional da FEENA, e sua influência no microclima.

**Poluição do ar**

A poluição atmosférica pode causar danos às árvores e restrições ao crescimento da floresta, alterando a sua dinâmica. O efeito da poluição pode resultar em alterações como eliminação de espécies sensíveis, redução da diversidade de espécies, remoção seletiva de espécies dominantes, redução do crescimento e aumento da susceptibilidade ao ataque de pragas e ações de fatores abióticos. Sendo assim, é de importância o estudo e a análise dos poluentes atmosféricos presentes no ar da região em que se encontra a FEENA, de modo que observemos, na floresta, possíveis impactos decorrentes.

**Manejo florestal**

A preservação e conservação das florestas são necessárias para que se mantenham os padrões de funcionamento da vegetação e do meio florestal. Para isso o manejo florestal deve ser correto e sempre implementado para melhor dinâmica e função da floresta, diante das diversas intempéries. Sendo assim, é recomendado para complementar o estudo, implementar técnicas de manejo florestal na FEENA, com a finalidade de melhorar as funções oferecidas pela floresta.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADLARD, P.G. **Historical Background – The Multi-purpose Roles of Tree Planting: Description, Analysis and Recommendations**. Goldaming. Shell International Petroleum Company/World Wild Fund for Nature, 1993, 72 p. Study n. 1.

CAMPOS, C. Pires de. **A Conservação das Florestas no Brasil, Mudança do Clima e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo do Protocolo de Quioto**, Rio de Janeiro, TESE – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE/UFRJ. 2001. 169 p.

CERDOURA, K.B.; ALBUQUERQUE, K.V. e TIMONI, J.L. **Efeito do reflorestamento no microclima do horto florestal “Edmundo Navarro de Andrade”, Rio Claro - SP**. I Fórum de Debates – Ecologia da Paisagem e Planejamento Ambiental, Rio Claro, São Paulo. 2000. 8p.

CONTI, J.B. **Clima e Meio Ambiente**, Ed. Atual, São Paulo, SP. 1998.

FIELD, D.G. **Efectos de los câmbios climáticos em los manglares**. OIMT, 1994. 2: 10-11p.

FLORAM. **Floresta e Meio Ambiente**, Instituto de Estudos Avançados, USP, Coleção Documentos. 1989. 33p.

GEIGER, R. **The climate near the ground**. Cambridge: Harvard University Press, 1965. 611p.

GEIGER, L. **Manual de microclimatologia: O clima da camada de ar junto ao solo**. 4. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gublenkian, 1980. 637p.

HOFMANN, G.S.; HASENACK, H.; DE OLIVEIRA, L.F.B. **Microclima e a estrutura de formações vegetais**. Rio de Janeiro. SESC, Departamento Nacional, 2010. 87-91p.

INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS, **A Floresta e o Homem**. São Paulo. Editora da Universidade de São Paulo. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2000. 477p.

LEONI, S.G. **Sequestro de carbono realizado por espécies florestais**. 30p. Dissertação (Graduação em Ciências Biológicas), Instituto Presbiteriano Mackenzie. São Paulo.

KIMMINS, J.P. **Forest ecology**. New York: Macmillan Publishing, 1987. 531p.

MONTEIRO, C. A. de F. **O estudo geográfico do clima**. **Cadernos Geográficos**. n 1, maio 1999. (Série Teses e Monografias, 25).

MONTEIRO, C.A de F. **Teoria e clima urbano**. 25. São Paulo: IGEOG/USP, 1976. 181p.

PAULA LIMA, Walter de. **As florestas e a poluição**, Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, Série Técnica. Piracicaba, SP. 1980. v.1. n.1. 41p.

SAGAN, C. **Bilhões e Bilhões: Reflexões sobre Vida e Morte na Virada do Milênio**. Ed. Companhia das Letras, 1998. 288p.

SCHUMACHER, M.V; POGGIANI, F. **Caracterização microclimática no interior dos talhões de *Eucalyptus camaldulensis* dehn, *Eucalyptus grandis* hill ex maiden e *Eucalyptus torelliana* f. muell, localizados em Anhembi, SP**. Cia. Flor., Santa Maria, 1993, v.3, n.1. p. 9-20.

SINGH, G. **The climate convention**: a global sell out. SEA News. 1992. 3: 20-25p.

TIMONI, J.L. **Relatórios Internos do Horto Florestal Edmundo Navarro de Andrade**. 1999.

TIMONI, J.L. Proposta de revitalização da FEENA. IFSP, Rio Claro, 2004. 37p.

WHATLEY, J. M., WHATLEY, F. R. **A luz e a vida das plantas**. São Paulo: EPU/EDUSP, 1982. 103p.

PREFEITURA MUNICIPAL DE RIO CLARO, PMRC. Disponível em <http://www.rioclaro.sp.gov.br/> Acesso em 18 de agosto de 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/> Acesso em 18 de agosto de 2012.

INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS, IPEF. Disponível em <http://www.ipef.br/silvicultura/> Acesso em 18 de agosto de 2012.