



# PROPOSTA DE DELIMITAÇÃO DE ZONAS HOMOClimÁTICAS NO ESTADO DO PARANÁ PARA PLANTIOS FLORESTAIS

Fritzsons, Elenice\*

Mantovani, Luiz Eduardo\*\*," Wrege, Marcos\*\*," Garrastazu, Marilice Cordeiro\*," Chaves Neto, Anselmo\*\*," Correa, Ana Paula Araujo\*\*\*

\*Embrapa Florestas, Estrada da Ribeira, km 111; CP 319; CEP 83411 - 000; Colombo, Paraná. Fone: (041) 55 36755711 elenice@cnpf.embrapa.br

\*\*Universidade Federal do Paraná

\*\*\*Acadêmica do curso de Biologia do Centro Universitário Campos de Andrade

## INTRODUÇÃO

O Paraná é um Estado que ocupa uma área próxima de 200.000 km<sup>2</sup>, com relevo e clima bastante diferenciados. Setenta e cinco por cento do seu território situam - se ao sul do Trópico de Capricórnio, sendo que mais da metade do território está acima dos 600m e apenas 3% abaixo dos 300m. O clima predominante no Paraná é o subtropical, com verões quentes e invernos frescos. Três tipos climáticos caracterizam o Estado do Paraná: os climas Cfa, Cfb e Cwa da classificação de Köppen. O Estado apresenta grande diversidade em termos de paisagem, sendo a divisão das grandes paisagens está baseada nos divisores de água e na posição das escarpas, as quais delimitam as bordas dos planaltos, e são sucedidas por terrenos que declinam suavemente em direção oeste e noroeste (Maack, 1981).

O Estado apresenta forte vocação florestal, tendo sido originariamente coberto por florestas: floresta ombrófila mista e floresta ombrófila densa. Hoje, a produção madeireira continua sendo muito importante para o Paraná, pois ela responde por 40% da exportação nacional de produtos feitos à base de madeira proveniente de plantações florestais, gera cerca de 360 mil postos de trabalho na cadeia produtiva e há um déficit anual de aproximadamente 53 mil hectares de florestas para atender a demanda local (SEAB, 2007).

Sabe - se que um dos fatores básicos para o êxito dos plantios florestais consiste no uso de espécies e de procedências geográficas adequadas ao ambiente das diferentes regiões. Diante de toda a diversidade edafoclimática torna - se um desafio a escolha de espécies florestais adaptadas às diferentes condições ecológicas. Essa é uma situação comum a todos os países da América Latina, aonde a silvicultura intensiva se baseia, principalmente, no uso de espécies exóticas (Golfari *et al.*, 1978) e, portanto, que evoluíram sob condições, muitas vezes, pouco compatíveis com aquelas onde serão plantadas.

Os zoneamentos edafoclimáticos são instrumentos básicos para o planejamento das atividades florestais, pois além da adequação ambiental das espécies, proporcionam também uma forma de orientar e subsidiar a elaboração de leis visando a implementação de políticas públicas para fomentar investimentos. O zoneamento climático exige, para sua caracterização, dados de um conjunto de postos meteorológicos contendo séries de intervalos de dados climáticos suficientemente longos. Há diversas metodologias para agrupar zonas semelhantes quanto ao clima, tais como a sobreposição de cartas ou PIs (planos de informação), programas computacionais interativos e métodos baseados em análises quantitativas. Estes métodos podem ser sobrepostos a fim de compor um zoneamento mais complexo.

Este trabalho propõe uma classificação climática para o Estado do Paraná, construída com o auxílio do tratamento estatístico dos dados climáticos obtidos nas estações meteorológicas locais mas também empregando critérios geomorfológicos (ou fisiográficos), especialmente os de altitude, a fim de delimitar melhor as unidades homoclimáticas no Estado. Na metodologia proposta, utiliza - se inicialmente análise estatística multivariada para separar conjuntos climaticamente homogêneos, a exemplo dos trabalhos de Falvo *et al.*, (1996), Tristão *et al.*, (1997), Bernardes (1998), Reis *et al.*, (1999) e Andrade *et al.*, (2000). Mais recentemente, Keller Filho *et al.*, (2005) utilizaram o método de análise de agrupamento para definir áreas pluviometricamente homogêneas no Brasil. Diniz *et al.*, (2003) também através da análise estatística multivariada, definiram áreas homogêneas quanto às temperaturas máxima e mínima no Rio Grande do Sul. Fora do Brasil, Unal *et al.*, (2003) propuseram uma nova divisão climática na Turquia utilizando a análise de agrupamento, baseada na temperatura e precipitação. Venkatesh e Joe (2007), em trabalho realizado na Índia, encontraram três zonas com regimes distintos de precipitação, utilizando a análise de cluster e análise de

variância. Williams *et al.*, (2007), em trabalho de ecoregionalização do Estado de Yowa (EUA), utilizaram um conjunto de técnicas que inclui análise multivariada e geoprocessamento.

## OBJETIVOS

Assim, considerando todos estes aspectos, o objetivo deste trabalho consiste em realizar um zoneamento de unidades de clima semelhantes do Estado do Paraná, assistido por análise estatística e também empregando critérios geomorfológicos (ou fisiográficos), especialmente os de altitude, a fim de delimitar melhor as unidades homoclimáticas no Estado.

## MATERIAL E MÉTODOS

O método para confecção da carta das regiões homoclimáticas envolve basicamente cinco etapas: 1. Elaboração do banco de dados climáticos; 2. Execução da análise estatística; 3. Delimitação de zonas homogêneas na carta hipsométrica e 4. Confecção da tabela de pertinência 5. Validação do zoneamento.

### Organização da base de dados

Foram utilizadas as séries de dados coletados em 33 estações do IAPAR (Instituto Agrônomo do Paraná), 36 estações do Instituto Tecnológico SIMEPAR (Sistema Meteorológico do Paraná) e 13 estações do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia, 1992, 1969) no Estado do Paraná.

Depois de adquiridos, os dados passaram por um processo de verificação de erros e de transformação, quando necessário, sendo excluídos os períodos inferiores a 10 anos. Assim, das 33 estações atualmente ativas, foram utilizados dados de apenas 26 estações meteorológicas. Os dados diários de precipitação das 26 estações meteorológicas do SIMEPAR foram transformados em totais mensais para o período de nove anos, sendo manipulados, aproximadamente, 9.000 dados numéricos. Os dados do IAPAR foram utilizados na sua totalidade. Detalhes sobre a Elaboração deste banco de dados podem ser encontrados em Fritzsos *et al.* (2008).

As variáveis utilizadas para compor este banco de dados foram aquelas comuns a todas as estações: Temperatura média das máximas, Temperatura média das mínimas, Temperatura média anual; Temperatura média anual de janeiro; Temperatura média anual de julho; Umidade relativa média; Precipitação total anual; Evaporação; Insolação; Precipitação menos evaporação.

Foram também calculados a ATA (amplitude térmica anual e a somatória pluviométrica do trimestre de verão, do trimestre de inverno e foi obtida a diferença entre trimestres). A ATA é uma informação utilizada em estudos climáticos e expressa, sobretudo, a continentalidade e o caráter mais tropical (menor amplitude) ou temperado (maior amplitude) de uma estação. A ATA foi obtida pelo resultado da subtração da temperatura média do mês mais quente (janeiro) do valor da temperatura média do mês mais frio (julho).

Os totais pluviométricos do verão (meses 12, 1 e 2) e inverno (6, 7 e 8) constituem dois índices clássicos para avaliar o contraste pluviométrico anual e expressar a intensidade do período seco e do úmido, correspondendo em parte à distribuição pluviométrica anual. A duração e intensidade do período seco estão vinculadas a fatores tais como déficit e estresse hídrico, dificuldades de desenvolvimento de plantas jovens, diminuição de crescimento vegetativo, risco de incêndio, etc.

### Aplicação da Análise estatística

Depois de composto o banco de dados em formato .txt, ele foi submetido à análise estatística multivariada. Primeiramente, foi aplicada a Análise de Componentes Principais (PCA), sobre as variáveis a fim de identificar as variáveis mais importantes no espaço das componentes principais. Esta análise foi feita pelo programa Statgraphics, versão Centurion. Depois, aplicou-se a análise de Cluster, método Ward a partir de uma matriz constituída pelas estações e variáveis pré estabelecidas.

Obtido o dendrograma, foi definido o número de grupos desejados através da análise e então os dados foram submetidos à nova análise (k - médias, distância métrica Euclidiana), a qual discriminou os grupos formados e gerou os centróides de cada variável, analisada para todos os grupos.

### Delimitações de zonas homogêneas

Para a carta de relevo foram utilizados modelos digitais de elevação originários da missão de mapeamento do relevo terrestre SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), desenvolvido pela NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), com resolução espacial (pixel) de 90 X 90 metros, isto é de três arcos - segundos (3"). Foi gerada a carta hipsométrica, através do Programa Arc Gis 9. As classes de relevo foram separadas em cores diferentes em intervalos de 100 em 100 metros de altitude, a partir do arquivo de dados SRTM disponibilizado pelo USGS Eros Data Center - Centro de Dados do Departamento de Levantamento Geológico dos Estados Unidos em <http://srtm.usgs.gov/> em .hgt e normalmente transformadas após em formato .geotiff. Como a altitude do Paraná vai desde 2 m a mais de 1700 m de altitude, o número de classes de relevo resultantes foi de 16.

Tendo como apoio os grupos formados pela análise estatística, as estações homogêneas foram marcadas na carta hipsométrica e os limites entre os grupos foram traçados, observando a continuidade do relevo, latitude, altitude, barreiras orográficas, continentalidade, influência marítima e aspectos fitogeográficos, especialmente com relação à distribuição da FOM (Floresta Ombrófila Mista). Na delimitação das unidades foi utilizado, como orientação, o Mapa Fitogeográfico do Estado do Paraná (Maack, 1950), tendo em vista seu elevado conteúdo de observações de campo, durante uma época em que a cobertura vegetal do Estado se encontrava menos alterada pelo uso em relação aos tempos atuais. Na digitalização da carta de unidades homoclimáticas foi utilizado o Software Spring, versão 4.3, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE.

### Elaboração da tabela de unidades homoclimáticas

Esta tabela foi construída observando os grupos formados e delimitados na carta de unidades homoclimáticas, de forma hierárquica: grandes grupos, grupos, subgrupos, unidades.

Em cada tipologia há diversas informações de referência, obtidas principalmente do banco de dados constituído pelas variáveis utilizadas na análise estatística.

O objetivo foi o de caracterizar as unidades homoclimáticas formadas e sua utilidade é a de fornecer características das regiões homoclimáticas que permitam aos usuários desta carta alocar as espécies a serem plantadas em regiões climaticamente favoráveis.

Validação dos resultados encontrados

Depois de concluída, a carta de zoneamento de unidades homoclimáticas deverá ser validada por meio de viagens de campo a fim de checar, especialmente a delimitação de áreas homogêneas.

## RESULTADOS

Pelo dendrograma da análise de cluster foram definidos 11 grandes grupos e observou-se que as estações de clima mais quente (do norte e leste do Estado) foram separadas das áreas mais frias (sul do Estado). Palmas que é considerada a estação mais fria do Paraná, está situada na extrema direita, enquanto que Antonina, uma das estações mais quentes do litoral paranaense, está situada a extrema esquerda.

Carta de unidades homoclimáticas

Depois de plotadas todas as estações na carta hipsométrica e identificados os grupos, foi confeccionada a carta de unidades homoclimáticas com o apoio da interpretação ambiental do dendrograma e da carta fitogeográfica. As áreas em branco nessa carta são áreas carentes de monitoramento climático. Algumas das unidades iniciais foram subdivididas, especialmente as localizadas no centro do Estado.

Elaboração da tabela de unidades homoclimáticas

A partir da carta de unidades homoclimáticas foi elaborada uma tabela em que as tipologias são mostradas em grandes grupos, grupos, subgrupos e unidades para uma melhor compreensão da relação entre eles, tanto de pertinência, quanto de hierarquia. Em cada subgrupo e unidade há a caracterização climática com dados provenientes do banco de dados para melhor caracterização dos mesmos. A estação escolhida para representar o grupo, é a de monitoramento mais antigo.

Assim, verificou-se que o Estado foi dividido, inicialmente, em dois grandes grupos (um e dois), um representado pelas áreas mais frias e outro pelas áreas mais quentes. A primeira divisão das áreas frias (grupos 1.1 e 1.2) se refere às áreas um com inverno muito rigoroso e com alta pluviosidade (1.1) e outra, com inverno acentuado e relativamente mais seco (1.2).

Quanto ao grande grupo 2, se refere às áreas mais quentes, sendo composto de dois grandes grupos, um acima do paralelo 23,44° S (2.1) e outro abaixo deste paralelo (2.2). O subgrupo 2.1 foi dividido em 3 subgrupos. O grupo 2.2, abaixo do paralelo 23,44° S apresenta dois subgrupos distintos: o primeiro está localizado fora da zona litorânea e o segundo na zona litorânea.

Validação da carta de unidade homoclimáticas

Esta validação será realizada por meio de visitas a campo e entrevistas com pessoas que conheçam bem o Estado do Paraná.

## CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou uma proposta de zoneamento climático que definiu 19 regiões homogêneas e hierarquizadas no Estado do Paraná, incluído grandes grupos e subgrupos. Além da metodologia desenvolvida neste trabalho a carta produzida é de extrema utilidade para planejamento regional, para definição de áreas experimentais e de uso direto pelos silvicultores.

A composição do banco de dados atualizada e que caracteriza, da melhor forma possível as estações, apesar de trabalhosa, foi parte fundamental do trabalho e dela dependeu o sucesso da aplicação da análise estatística que formou grupos com uma grande coerência em termos ambientais.

A delimitação das áreas definidas pelos grupos seguindo critérios fitográficos e de relevo, apesar de exigir bastante conhecimento do pesquisador pode ser facilitada com a introdução de um maior número de estações climáticas. Nesse trabalho foram evidenciadas diversas áreas carentes em termos de monitoramento climático, ou seja, onde será necessário instalar novas estações meteorológicas.

A tabela de pertinência, desenvolvida neste trabalho a partir das zonas homoclimáticas apresenta grande utilidade tanto para órgãos de planejamento regional, tanto para instituições de pesquisa que queiram instalar experimentos, tanto para proprietários rurais que desejam cultivar espécies florestais, pois uma vez conhecendo as exigências das espécies pode-se alocá-las onde, possivelmente, terão mais sucesso de produção.

Este trabalho poderá ser complementado com outras informações importantes, tais como incidência de vento, dados de evapotranspiração e de pluviosidade com um número muito maior de estações. Além disto, estudos estão sendo efetuados para transformá-lo numa nova carta de zoneamento edafológico-climático, com a incorporação das informações sobre os solos do Paraná.

Os autores agradecem ao SIMEPAR pelos dados das informações meteorológicas enviadas, sem os quais este trabalho não poderia ter sido desenvolvido.

## REFERÊNCIAS

- Andrade, L.A. de; Reis, M. das G.F.; Reis, G.G. dos; Costa, L.M. da. Classificação ecológica do estado da Paraíba. Delimitação e caracterização de sub-regiões ecológicas a partir de variáveis biopedológicas. **Revista Árvore**, Viçosa, v.24, n.2, p.207 - 214, 2000.
- Bernardes, L. R. M. **Determinação de regiões pluviometricamente homogêneas no estado do Paraná, através de técnicas de análise multivariada**. 1998. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes Sp - Capital) - Universidade de São Paulo. São Paulo, 1998.
- Diniz, G.B. Berlato, M.A., Clarke, R. T., Fontanna, D. C. Identificação de regiões homogêneas de temperaturas máxima e mínima no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria. V.11, n.2, p. 303 - 312. 2003.
- Falvo, G.; Rizzi, N. E.; Chaves Neto, A. Zoneamento da bacia hidrográfica do Rio Miringuava utilizando-se de

- técnicas de análises multivariada. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, Curitiba, v. 15, n. 2, p 15 - 32, 1996.
- Fritzsons, E., Carpanezi, A. A., Mantovani, L. E. Elaboração de um banco de dados climáticos para o Estado do Paraná. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. **Documentos n. 168/Embrapa Florestas**
- Golfari, L.; Caser, R. L.; Moura, V. P. G. Zoneamento ecológico esquemático para o reflorestamento no Brasil: 2a. aproximação. Belo Horizonte: Centro de Pesquisa Florestal da Região do Cerrado, 1978.66p. PRODEPEF. **Série técnica, 11.**
- Inmet. **Normais Climatológicas 1961 a1990.** Brasília, 1992.
- Keller Filho, Assad, E. D., Lima, P. R. de R. Regiões pluviometricamente homogêneas no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.4, p.311 - 322. 2005.
- Maack, R. 1950. **Mapa Fitogeográfico do Estado do Paraná.** Curitiba, IBPTG.
- Maack. R. 1981. **Geografia física do Estado do Paraná.** Rio de Janeiro, Livraria José Olympio Ed., 442p.
- Reis, M. das G.F.; Leonardo, A. de A.;Reis, G.G. dos.; Souza, L. de S. Classificação ecológica do Estado da Paraíba.
2. Delimitação e caracterização de regiões ecológicas a partir de variáveis climáticas. **Revista Árvore**, Viçosa, v.23, n.2, p.139 - 149, abr./jun. 1999.
- SEAB. **Governo lança programa florestal para produção de madeira no Paraná.** 2007. Disponível em: <http://www.seab.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid>. Data da disponibilidade: 20 de janeiro de 2008.
- Tristao, R.A.; Reis, M. das G.F.;Costa, L.M. da; Aspiazu, C. Classificação ecológica de uma área do Estado de Minas Gerais: um método biopedológico. **Revista Árvore**, Viçosa, v.21, n.2, p.201 - 212, 1997.
- Unal, Y.; Kindap, T.; Karaca, M. Redefining the climate zones of Turkey using cluster analysis. **International Journal of Climatology**, Istanbul, 23: 1045 - 1055. 2003.
- Venkatesh, B; JOE, M., K. Identifications of homogeneous rainfall regimes in parts of western Ghats regions of Karnataka. **Journal Earth System Science**, Índia. n.4. 2007.
- Williams, C.L. ET AL. Agro - ecoregionalization of Iowa using multivariate geographical clustering. **Agric. Ecosyst. Environ.** (2007). Disponível em: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com). Acesso: outubro de 2007.