

# ANÁLISE BIOFÍSICA DOS PROCESSOS ENVOLVIDOS NA INVASÃO BIOLÓGICA DE SEMENTES DE *PINUS ELLIOTTII* NA ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE ITIRAPINA – SP E ALTERNATIVAS DE MANEJO

Denise Zanchetta  
Pesquisadora científica  
Instituto Florestal do estado de São Paulo  
[feenarioclaro@yahoo.com.br](mailto:feenarioclaro@yahoo.com.br)

Leandro de Souza Pinheiro  
Pós-Graduação em Geografia (Mestrando)  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas.  
Universidade Estadual Paulista, Campus de Rio Claro/SP.  
[bandopinheiro@yahoo.com.br](mailto:bandopinheiro@yahoo.com.br)

## Resumo

Atualmente, um dos problemas mais graves do hemisfério sul, relacionado à contaminação biológica, diz respeito à invasão de ecossistemas nativos por espécies do gênero *Pinus*. Este trabalho teve por objetivo o estudo da problemática da contaminação biológica oriunda do *Pinus elliottii* na vegetação nativa da Estação Ecológica de Itirapina - SP. Nessa Unidade de Conservação (UC), as fisionomias campestres e savânicas vêm sofrendo com a invasão de *Pinus*, a partir dos povoamentos florestais exóticos da Estação Experimental situada contígua a essa UC. A dinâmica climática local propicia ventos altamente favoráveis para a disseminação das sementes, tendo em vista que o período de dispersão de *P. elliottii*, que compreende os meses de março a maio, coincide com um período de grande direcionamento dos ventos no sentido em que ocorre a invasão - Norte, Nordeste e Sudeste. O período incide com o término da estação chuvosa e início da seca, quando os ventos favoráveis e de maior intensidade facilitam o deslocamento das sementes. Tendo em vista a complexidade do assunto, não existe uma solução ideal para o problema, sendo importante a adoção de práticas de manejo visando à preservação dos atributos paisagísticos e ecológicos da região. Diante dos fatores analisados, chegou-se à conclusão de que a melhor estratégia para a contenção das invasões é o estabelecimento de uma zona de recuperação com espécies nativas da região, entre as fisionomias de cerrado e a floresta plantada de *Pinus*, adequadas às características pedológicas e fisiográficas locais e, portanto, que não ofereçam riscos para a integridade dos ecossistemas naturais. Essa zona funcionaria ao mesmo tempo como um corredor ecológico, ligando as áreas naturais da Estação Ecológica com os fragmentos de cerrado que ainda restam na Estação Experimental e ainda a implantação de uma área com vegetação mais densa na região limítrofe entre as duas UCs funcionaria como um filtro à dispersão das sementes de *Pinus*.

Palavras-chave: *Pinus elliottii*. Contaminação biológica. Cerrado. Práticas de manejo, Estrutura da paisagem.

## Abstract

One of the biggest problems concerning the biological contamination in the South hemisphere is related to the invasion of natural ecosystems by *Pinus* species. This work has focused in the study of the biological contamination by *Pinus elliottii* in the natural vegetation of the Itirapina Ecological Station - SP. In this Conservation Unit the grasslands and savannas are suffering with the invasion of *Pinus* from the exotic forest crops of the contiguous areas of Experimental Station. The local climatic dynamics favor the dissemination of the *P. elliottii* since the period of dispersion of it's

seeds, which occurs between March and May, coincides with a period of great bearing of the winds in the direction where the invasion occurs (North, Northeast and Southeast). As this period coincides with the end of the rainy season and the beginning of dry season, the favorable direction and the high intensity of the winds facilitate the displacement of the seeds. In view of the complexity of the situation there is no ideal solution for the problem and it's extremely important to adopt managing practices that restore and preserve the scenic and ecological attributes of the region. We concluded that the best strategy to remedy the invasions is to establish a recovery zone with native species in the region between the two Conservation Units according to the pedologic and phisiographic conditions. Such barrier, therefore, should not offer risks for the integrity of the natural ecosystems. This zone should work as an ecological corridor binding the natural areas of the Ecological Station with the fragments of Cerrado that still remain in the Experimental Station as well. The implementation of such zone with dense vegetation should function as a filter to the dispersion of the *P. elliottii* seeds.

Key words: *Pinus elliottii*. Biological invasion. Cerrado. Managing practices. Landscape ecology.

## Introdução

Contaminação ou poluição biológica é o processo de introdução e adaptação de espécies que não fazem parte naturalmente de um dado ecossistema, mas que se naturalizam e passam a provocar mudanças em seu funcionamento (ZILLER, 2000). Ao contrário de muitos problemas ambientais que podem ser amenizados com o tempo, algumas vezes sem intervenção humana, como por exemplo, a poluição química, contaminações biológicas tendem a se agravar a longo prazo, de modo que os ecossistemas afetados dificilmente se recuperam de forma natural (WESTBROOKS, 1998).

Essas contaminações podem mudar a adequação do hábitat para espécies animais, alterar características físicas do ecossistema, como taxas de erosão, sedimentação e mudanças no ciclo hidrológico, no regime de incêndios e no balanço energético, e reduzir o valor econômico da terra e o valor estético da paisagem, comprometendo seu potencial turístico (ZILLER, 2000).

Um dos problemas mais graves do hemisfério sul, relacionado à contaminação biológica, diz respeito à invasão de ecossistemas nativos por espécies do gênero *Pinus*. Essas contaminações são resultados da adoção de práticas de produção florestal que negligenciam o entendimento dos princípios que influenciam a migração e a dispersão de espécies em diferentes escalas espaciais (GARCÍA-MOZO et al. 2004).

Em termos de produção florestal, os países tropicais têm, de modo geral, deficiências extremas no conhecimento de espécies nativas, sendo este um dos principais motivos que os levam a adotar espécies exóticas, cuja silvicultura e auto-ecologia são bem conhecidas (ZILLER, 2000). Espécies exóticas como *Pinus* spp. são muito plásticas em relação às condições pedológicas e climáticas, com boa margem para melhoria de produtividade através da adoção de práticas silviculturais básicas. Apresentam crescimento rápido e disponibilidade de sementes, em geral oriundas de seleção e melhoramento genético, enquanto que sementes de espécies nativas dificilmente estão disponíveis no mercado (RICHARDSON, 1999). Os gêneros *Pinus* e *Eucalyptus* são, sem dúvida, os mais utilizados mundialmente para plantios comerciais na atualidade (RICHARDSON, 1999).

O Brasil passou pelo mesmo histórico de experimentação florestal sem maiores preocupações ambientais, principalmente a partir da década de sessenta. Em São Paulo, a experimentação florestal com essências exóticas, principalmente com espécies de *Pinus*, ganhou força entre as décadas de 50-60, através de um programa de introdução e fomento desenvolvido pelo então Serviço Florestal, posteriormente transformado em Instituto Florestal – IF (DELGADO et al., 2004). Como incentivador do setor florestal, o IF implantou sistemas de produção que motivaram o estabelecimento de grandes empresas no setor madeireiro e derivados. As Estações

Experimentais, Hortos Florestais e Florestas Estaduais constituíram-se em grandes laboratórios florestais onde as pesquisas básicas e aplicadas na área silvicultural foram amplamente difundidas.

Nesse contexto, a Estação Experimental de Itirapina, administrada pelo IF, passou, a partir de sua criação em 1957, a dedicar-se, entre outras atividades, ao reflorestamento com espécies de *Pinus*, no intuito de estimular a pinocultura na região (ZANCHETTA, 2006). Entretanto, essa atividade vem trazendo problemas para a integridade dos ecossistemas nativos da Estação Ecológica de Itirapina, que se situa em área contígua à Estação Experimental.

## **Características do gênero *Pinus***

Um grande número de espécies do gênero *Pinus* apresenta características que as potencializam como invasoras em diversos ambientes e países do mundo. Muitas espécies são tolerantes à seca e conseguem sobreviver em solos pobres em nutrientes. As sementes e o pólen apresentam dispersão excelente, originando pioneiras isoladas, que podem formar colônias por autofecundação (ZILLER, 2000).

As espécies do gênero *Pinus* ocupam, em seu hábitat natural, em geral, áreas marginais, de frio extremo, topos de montanhas, com latitudes elevadas e solos pobres ou ácidos, ocorrendo desde regiões áridas no oeste da América do Norte até as terras baixas do Caribe. Esses são ambientes seletivos, onde muitas espécies não teriam condições de sobreviver. Algumas espécies foram importantes nos últimos dez mil anos para a revegetação dos continentes setentrionais, após períodos de glaciação (RICHARDSON; BOND, 1991).

São, em geral, espécies pouco exigentes, que podem replicar sua capacidade de adaptação em ambientes do hemisfério sul, que parecem pouco favoráveis ao desenvolvimento de coníferas (RICHARDSON; HIGGINS, 1998; RICHARDSON; BOND 1991). O gênero comporta cerca de 105 espécies com grande diversidade ecológica (RICHARDSON; BOND, 1991), das quais pelo menos dezenove são invasoras em larga escala no hemisfério sul (RICHARDSON, 1999).

A disseminação de sementes é extremamente variável em função da posição dos povoamentos no relevo, da intensidade e direção dos ventos predominantes e do ambiente circundante, sendo ainda influenciada pela temperatura, precipitação e umidade relativa que, em níveis baixos, favorece significativamente a disseminação (JANKOVSKI, 1996).

Com relação às distâncias de dispersão, os dados são esparsos e variáveis. Em geral, admite-se que grande parte das sementes atinge, no máximo, 100 metros, e a densidade de sementes dispersas tende a diminuir com o aumento da distância da fonte de propágulos (VANDER WALL; JOYNER, 1998), embora existam registros de dispersão a distâncias de oito quilômetros da fonte, podendo atingir até 25 quilômetros (RICHARDSON; HIGGINS, 1998).

Muitas espécies apresentam elevado percentual de germinação, resistência a fogo e longevidade, atingindo a maturidade precocemente e passando a produzir sementes aos 5-7 anos de idade. A dispersão ocorre logo após a maturação dos cones e, enquanto as sementes de algumas espécies apresentam certo período de dormência, as de *Pinus elliottii* germinam rapidamente após a disseminação, num período de duas semanas, se as condições forem favoráveis. A média de produção de sementes para algumas espécies é de 526 - 690 sementes/m<sup>2</sup>, com taxa de germinação acima de 70% (JANKOVSKI, 1996).

Estudos recentes têm demonstrado que as alterações climáticas globais estão promovendo uma diminuição no período de “florescimento-polinização-maturação das pinhas”, concomitantemente a um aumento na produção de pinhas em diversas espécies do gênero, incluindo *P. elliotti*. O tempo

para a produção de sementes tem se tornado mais curto e a produção de pinhas, que em *P. elliotti* era usualmente de um ciclo por ano, foi duplicada (MENTE; BRACK-HANES, 2005). Isso significa dizer que a produção de sementes está se tornando maior num período cada vez mais curto. Todos esses fatores demonstram que o gênero é extremamente adaptado a migrações rápidas e aumentos populacionais explosivos (RICHARDSON; BOND, 1991).

Na Argentina, diversas espécies já estão naturalizadas, tais como *P. elliotti*, *P. taeda*, *P. contorta* subsp. *latiolia*, *P. ponderosa*, *P. radiata* e *P. jeffreyi* (RICHARDSON; HIGGINS, 1998). Trabalhos de controle de *P. halepensis* têm sido realizados na Reserva Ernesto Tornquist, em ambiente de pampa (ZALBA et al., 2000).

As contaminações no Brasil são principalmente devidas a *P. taeda* e *P. elliottii*, que invadem vastas extensões de ambientes naturais e alterados (ZILLER, 2000). A “Estepe” e a “Savana” da região sul do Brasil estão repletas de exemplos em função da utilização destas espécies em reflorestamentos (ZILLER, 2000). Formações Pioneiras de Influência Marinha (restinga), em Santa Catarina, têm sido praticamente substituídas por essas duas espécies em função de reflorestamentos introduzidos na década de 60 (CARUSO, 1990).

No Estado de São Paulo, as invasões por *Pinus* representam um grave problema para a conservação das áreas com vegetação nativa, principalmente nas regiões cobertas por fisionomias savânicas e campestres do Cerrado. Invariavelmente, seja em áreas protegidas ou não, essas invasões têm se alastrado em ritmos alarmantes, sugerindo a urgência do incentivo de medidas de controle. Sem monitoramento, as árvores de *Pinus* spp. tendem a se tornar elementos permanentes da paisagem e os agrupamentos não manejados tendem a se tornar povoamentos homogêneos (VERSFELD; VAN WILGEN, 1986).

A introdução de espécies de *Pinus* pode mudar o nível de acidez do solo, com conseqüentes alterações na microfauna e microflora, e inviabilizar a sobrevivência de espécies de vertebrados e invertebrados (RAPOPORT, 1991). Mudanças significativas têm sido registradas na estrutura de comunidades de pequenos mamíferos a partir da substituição da vegetação nativa por plantações de *Pinus*. Animais herbívoros e especialmente granívoros desaparecem, alguns no período de cinco a oito anos, após o estabelecimento dos povoamentos. Algumas aves saem do sistema, podendo resultar em alterações nos processos de polinização e dispersão de sementes, em especial em ecossistemas onde muda o tipo dominante de forma de vida, ou seja, quando espécies arbóreas invadem vegetações herbáceo-arbustivas (BREYTENBACH, 1986).

Os mesmos impactos se aplicam à Estação Ecológica de Itirapina, onde as fisionomias campestres e savânicas vêm sofrendo com a invasão de *Pinus*, a partir dos povoamentos florestais da Estação Experimental, adjacentes à área desta UC. Alterações drásticas na paisagem natural e nos processos ecológicos estão em andamento, muito provavelmente resultando na eliminação de plantas nativas, em função do sombreamento e da competição por recursos, com prejuízo inclusive para a fauna local.

Medidas mitigadoras e corretivas devem ser tomadas a fim de restaurar o patrimônio natural da área da Estação Ecológica de Itirapina e impedir novos focos de invasão. No entanto, até mesmo as operações de controle de plantas invasoras produzem impactos sobre o ambiente, os quais podem ser significativos, devendo-se pesar as estratégias com cautela, de forma a não simplesmente erradicar as invasoras, mas também reduzir ao mínimo os impactos nos ecossistemas afetados (BREYTENBACH, 1986). Isso leva inclusive à necessidade de aperfeiçoamento no sistema tradicional de produção e manejo florestal de *Pinus* na região, visando reduzir os impactos decorrentes dessas atividades.

No presente trabalho, procurou-se buscar soluções para a problemática das invasões de *Pinus* spp. na Estação Ecológica de Itirapina, que se adequem às características físicas da área,

visando à preservação dos atributos paisagísticos e ecológicos da região. Para tanto, procurou-se utilizar uma abordagem interdisciplinar, onde diversos aspectos foram analisados, tais como as características geomorfológicas, fisiográficas, pedológicas, climáticas e paisagístico-ecológicas da região, bem como as características ecológicas da espécie invasora.

## **Caracterização da Área de Estudo**

A área de estudo se situa no setor centro-nordeste do Estado de São Paulo (Figura 1), nos municípios de Brotas e Itirapina entre as coordenadas 22°11' -15'S a 47°45'-48°00'W, estando a Estação Experimental à margem direita da represa do Lobo e a Estação Ecológica à margem esquerda. Assenta-se sobre litologias das formações Botucatu, Pirambóia e Serra Geral, sendo aí observadas amplas áreas de depósitos sedimentares. Geomorfologicamente, a área se situa na Província das Cuestas Arenítico-Basálticas, sendo drenada pela bacia do Rio Jacaré-Guaçu (ALMEIDA, 1974). Os solos são predominantemente arenosos, observando-se solos mais ricos em argila apenas em setores onde aflora a Formação Serra Geral.

O clima regional, segundo o sistema de classificação de Köppen (1948), é do tipo Cwa “mesotérmico com inverno seco e verão chuvoso” (SETZER, 1966). De acordo com o balanço hídrico da região (VEIGA, 1975), a estação chuvosa compreende o período de outubro a março, enquanto a estação seca inclui o período de abril a setembro.

A cobertura vegetal da Estação Ecológica de Itirapina é constituída principalmente por fisionomias abertas de cerrado (*sensu lato*), particularmente campo cerrado, campo sujo e campo limpo, além de algumas manchas localizadas de cerradão e cerrado *sensu stricto* (TANNUS et al., 2006). Nas baixadas úmidas dos fundos de vale, onde o solo apresenta drenagem deficiente ou se encontra sob influência do lençol freático superficial, ocorrem extensas áreas cobertas por campos úmidos. Ao longo dos cursos d'água, encontram-se fragmentos de florestas ribeirinhas (floresta de galeria e floresta paludosa) (TANNUS et al., 2006).

Na Estação Experimental, a cobertura vegetal caracteriza-se por plantios de *Pinus* e *Eucalyptus*, além de alguns remanescentes de vegetação nativa representados por cerradão, cerrado *sensu stricto* e florestas ribeirinhas (ZANCHETTA et al., 2006).

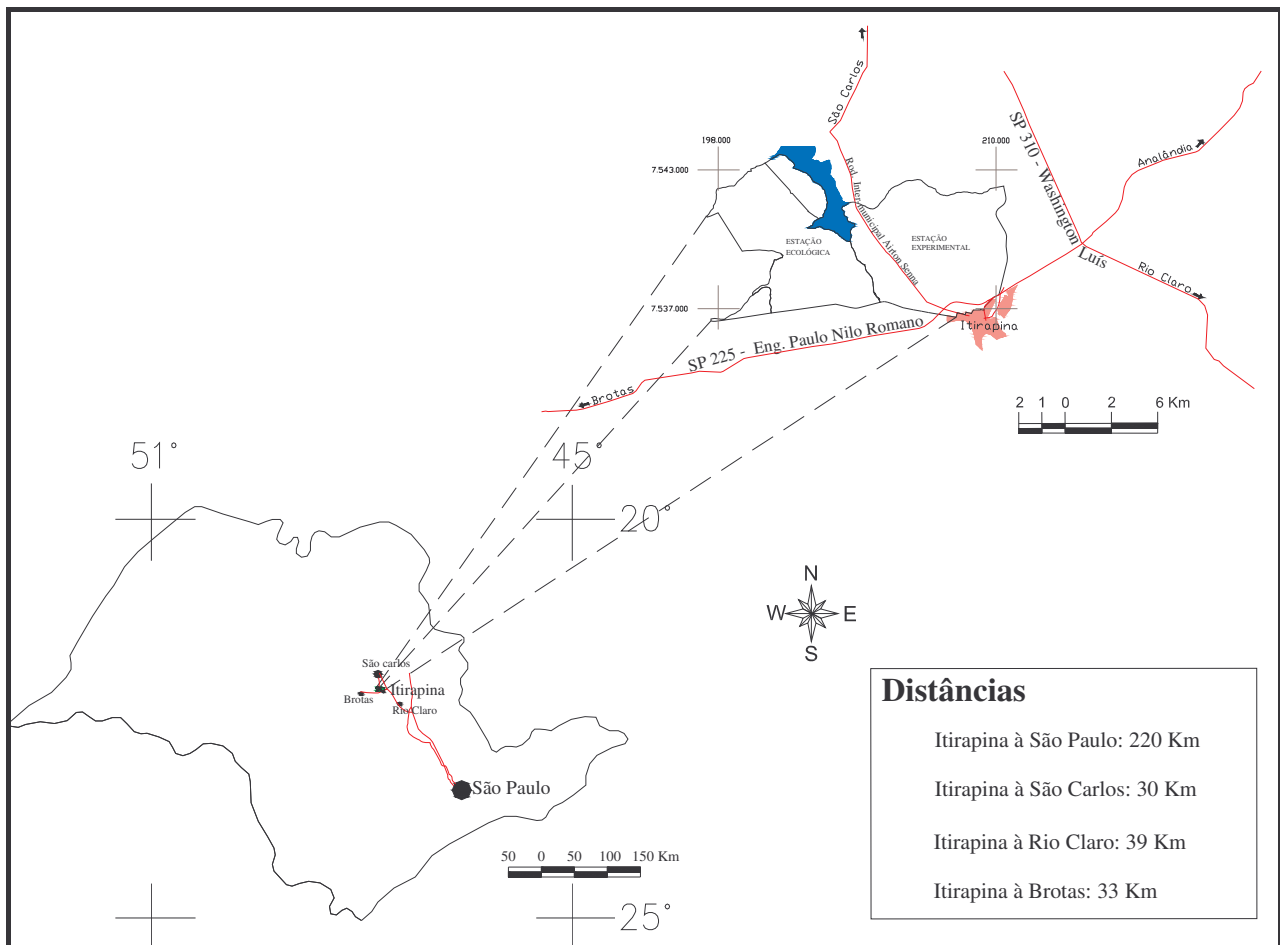


Figura 1 - Mapa de localização da área. Fonte: Plano de Manejo Integrado das Estações Ecológica e Experimental de Itirapina, 2006.

## Metodologia

A análise da documentação bibliográfica e cartográfica possibilitou a caracterização geológica e pedológica da área. A caracterização geomorfológica se fundamentou na interpretação de pares estereoscópicos de fotografias aéreas na escala de 1:40.000, relativas ao cenário de 1988.

A representação tridimensional do terreno foi elaborada com a utilização do software Surfer 8.0. Para tanto, foi utilizada uma base digital do Autocad a partir da qual foi gerada uma grade regular de valores altimétricos e posteriormente realizada a krigagem para geração da imagem tridimensional.

A análise do clima foi feita a partir de dados obtidos junto à Estação Climatológica do Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada da Escola de Engenharia de São Carlos (CRHEA/EESC - USP), a qual se localiza a cerca de 15 km da área de estudo. A partir de dados registrados a cada meia hora, foram calculadas as médias mensais de temperatura, precipitação e umidade relativa do ar. Os dados relativos à velocidade e direção dos ventos (a 3 metros de altura) foram utilizados para a elaboração de histogramas circulares. A princípio foi feita uma análise englobando todos os meses do período de 1999 a 2004. Posteriormente, procedeu-se a uma análise periódica envolvendo apenas os meses referentes ao período de dispersão de *Pinus elliottii* (março a maio). Através das imagens do Satélite GOES - 8, obtidas no site do INPE/CPTEC, procedeu-se à identificação da dinâmica das massas de ar em dias atípicos. Visando a compreensão da

dinâmica atmosférica local, foram cruzadas as informações da dinâmica das massas de ar com a dos ventos.

Visitas a campo foram realizadas no intuito de reconhecer o terreno, bem como de aprofundar o conhecimento da problemática existente e apreendida previamente através da análise bibliográfica. A análise integrada de todos os dados possibilitou o alcance do objetivo proposto.

## **Resultados e discussão**

### ***Caracterização geológico-geomorfológica***

A área aqui enfocada encontra-se sobre litologias sedimentares vinculadas a uma das Unidades geotectônicas mais importantes da América do Sul, que é a Bacia Sedimentar do Paraná. Convém ressaltar que sob tais litologias tem-se o Aquífero Guarani, uma das maiores reservas de água doce do mundo.

As litologias sedimentares funcionam como verdadeiras páginas de um livro, que nos contam a história da terra, uma vez que nelas ficam registradas as características do ambiente sob o qual foram depositadas. Duas das litologias que afloram na área, identificadas como Formação Pirambóia e Formação Botucatu, foram depositadas na era Mesozóica, que ocorreu entre 230 a 65 milhões de anos b.p.. As características litológicas de tais formações indicam que, àquela época, tinha-se um ambiente totalmente diferente do que temos no presente.

O pacote sedimentar relativo à Formação Pirambóia evidencia que sua deposição ocorreu sob um clima que, gradativamente, assumiu características de semi-árido. Tais litologias são caracterizadas por uma seqüência de camadas arenosas, geralmente vermelhas, de granulação média a fina, apresentando, em alguns setores, arenitos grossos e conglomeráticos, ou então, lâminas de silte ou argila. Tais pacotes apresentam estratificação plano-paralela e cruzada.

A Formação Pirambóia aflora na área de estudo na alta - média e média bacia do Córrego Limoeiro e ao longo da alta - média e média margem direita do Córrego Água Branca ou Tibiriçá. Em tais setores as vertentes convexas a convexo - retilíneas têm o predomínio de declividades que vão dos 6% àquelas iguais ou superiores aos 25%, (Figura 2). As altitudes encontram-se entre 740 e 780 metros, sendo o manto pedológico representado por Latossolo vermelho distrófico típico Álico A moderado de textura argilosa.

A formação Botucatu permite a constatação de que, quando da deposição de suas litologias, o ambiente encontrava-se sob o domínio de um clima árido, típico de áreas desérticas. Ocorrem aí arenitos de granulação fina a média, uniformes e com boa seleção de grãos foscos de alta esfericidade, avermelhados, exibindo estratificação cruzada tangencial de médio a grande porte, característica de dunas móveis.

Os terrenos relativos a esta formação ocorrem em extensa área, predominando em setores de topos de interflúvios e vertentes convexas a convexas - retilíneas. Têm-se aí altitudes entre 820 e 740 metros, observando-se que os setores cujas altitudes encontram-se entre 740 e 780 metros correspondem, por vezes, a rampas coluviais, ou seja, material heterométrico que foi ou está sendo remanejado, predominantemente por gravidade, ao longo da vertente estabelecendo o contato dos relevos esculpidos nestas litologias com aqueles relacionados aos Depósitos Quaternários. As declividades à margem esquerda do Ribeirão Itaqueri são predominantemente de 0 a 3% (Figura 2), estando aquelas entre 6 e 12 % e 12 a 25% em locais restritos de fundos de vales e bordas da represa do Lobo. Já na margem direita do Itaqueri predominam terrenos com 3 a 12% de declividade.

Os solos nos setores mais elevados, aproximadamente entre 780 e 820 metros, são do tipo Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico Álico A moderado textura argilosa. Nas áreas entre 780 e 740 metros, observa-se o predomínio dos solos do tipo Neossolo Quartzarênico Distrófico típico Álico A moderado textura média.

No final da deposição da Formação Botucatu, toda a Bacia Sedimentar do Paraná sofreu a ação de intenso vulcanismo. Convém ressaltar que tal atividade não gerou vulcões, mas, sim, intrusões e derrames de magma atingindo estes últimos 50 a 120 metros de espessura. Esta seqüência de arenitos de granulação fina a média, de estratificação cruzada tangencial, rochas eruptivas de cor cinza a negra e de textura afanítica, é identificada como formação Serra Geral.

No interflúvio entre os Córregos do Limoeiro e o Água Branca afloram as litologias da Formação Serra Geral. Tem-se ainda, nesta litologia, pequena mancha no ESE da área, próxima à cabeceira de um dos formadores do Córrego do Limoeiro. As altitudes nestes setores são iguais ou superiores a 820 metros, e correspondem a topos de interflúvios levemente convexos, estando as declividades entre 3 e 12%. O solo aí desenvolvido é o Latossolo Vermelho Distrófico típico Álico A moderado textura argilosa.

Nas várzeas ou planícies fluviais, nas planícies flúvio-lacustres e em leques aluviais são encontrados os Depósitos Aluviais de idade atribuída ao Quaternário, formados durante o Holoceno (1,8 m.a. b.p), constituídos de sedimentos arenosos mal consolidados com areias de granulação média. As altitudes encontram-se entre 700 e 740 metros, sendo os solos do tipo Gleissolos e Organossolos. Estes solos são escuros, hidromórficos e de espessura variada. Predominam as declividades de 0 a 3%, que se relacionam às vertentes convexas a convexo-retilíneas.

Tais litologias foram, portanto, submetidas, ao longo do tempo geológico, a tipos variados de clima.



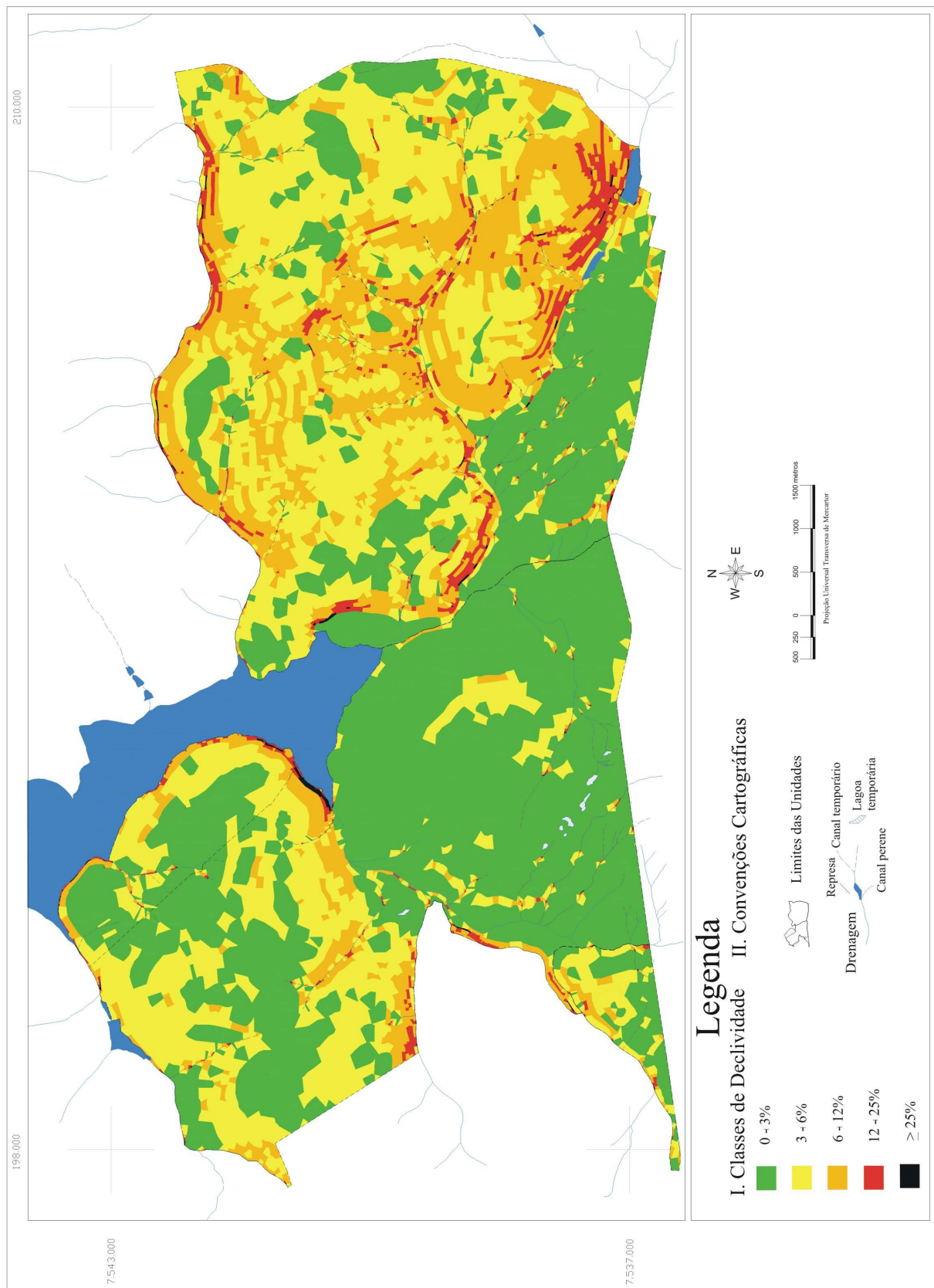


Figura 2 - Mapa Clinográfico. (Fonte: Plano de Manejo Integrado: Estações Ecológica e Experimental de Itirapina, 2006)

## **Caracterização climática**

Durante o período de 1999 a 2004, a temperatura média anual foi de 20,8 °C e a precipitação média anual de 1.395mm. Os meses com maior precipitação média são janeiro, fevereiro e dezembro, e os mais secos, julho e agosto. A umidade relativa do ar atinge seus valores máximos entre os meses de dezembro e março, decrescendo progressivamente até novembro, quando volta a se elevar.

De acordo com Pereira; Angelocci; Sentelhas (2002) “*ventos são deslocamentos de ar no sentido horizontal, originários de gradientes de pressão*”. O vento desloca-se de áreas de maior pressão para áreas de menor pressão e a intensidade e direção dos ventos são determinadas pela “*variação espacial e temporal do balanço de energia na superfície terrestre*”. A rugosidade da paisagem (vegetação, edificações, relevo) também afeta a velocidade do vento, o que faz com que, quanto mais próximo da superfície menor será a sua velocidade. Segundo os autores citados, “*a direção dos ventos é resultante da composição das forças atuantes (gradiente de pressão, atrito, força de Coriolis), mas o relevo predominante na região também afeta a direção dos ventos próximos à superfície*”. Para estes autores, a configuração da bacia hidrográfica é de grande importância, uma vez que a topografia impõe uma circulação atmosférica local.

Outro fator de importância são as movimentações de massas de ar, pois a ação de cada uma sobre a região faz com que os ventos comportem-se de maneira distinta. Segundo Nimer (1966), na região sudeste predominam:

- ✓ Massa Equatorial Continental (mEc), durante o verão;
- ✓ Massa Tropical Atlântica (mTa) e avanços da Massa Polar Atlântica (mPa) e Equatorial Atlântica (mEa), durante o outono;
- ✓ Tropical Atlântica, Equatorial Atlântica (mEa) e avanços da Polar Atlântica, durante o inverno; e,
- ✓ Massa Tropical Atlântica com avanços da Massa Polar Atlântica e Equatorial Atlântica, na primavera.

Durante o ano todo predominam na região ventos do quadrante Leste. São estas as direções de maior interesse, pois nestes sentidos o vento sopra direcionado para a Estação Ecológica. Um fato interessante observado foi que os ventos de 1999 foram os de maior intensidade, chegando a 3,5 m/s; a velocidade passou então a diminuir gradualmente ano a ano, sendo que em 2004 não alcançou 1 m/s. No período de reprodução de *P. elliottii* (março a maio) destacam-se, ainda, ventos do quadrante Norte em situações pré-frontais, com fortes atividades frontogênicas no sul do País.

De acordo com os gráficos relativos aos dados do período de março a maio de 1999, houve uma grande incidência de frentes frias com os avanços da Massa Polar Atlântica (mPa), diminuição da temperatura e aumento da umidade relativa. Os ventos tiveram velocidades maiores do que nos anos seguintes, seguindo a escala 1, 2, 3 e 4 de Beaufort (tabela 01).

Escala	Categoria	Velocidade (km/h)	Velocidade (m/s)
0	Calmo; fumaça vertical.	2	< 0,56
1	Quase calmo; fumaça desviada.	5	0,57 a 1,39
2	Brisa amena; agitação das folhas.	10	1,40 a 2,78
3	Vento leve; agitação de bandeiras	20	2,79 a 5,56
4	Vento moderado; poeira no ar.	30	5,57 a 8,33

Tabela 1. Classes de velocidade dos ventos, adaptada de Beaufort. Modificado de Pereira; Angelocci; Sentelhas (2002).

Em 2000 os dados obtidos não cobriram a totalidade do período, mas, notou-se o predomínio de temperaturas amenas durante o mês de maio e chegada de sistemas frontais, ficando os ventos na escala entre as classes 1 e 2. Em 2001 prevaleceram temperaturas mais elevadas e menor umidade relativa, sendo que apenas em maio as temperaturas foram mais amenas. A velocidade dos ventos diminuiu em relação a 1999 e 2000, e, prevaleceu na classe 1 com ápices em 2. Em 2002 os gráficos indicam menor incidência do sistema frontal, sendo que apenas em maio houve a chegada de frentes, predominando ventos calmos na classe 0 da classificação de Beaufort e em menor quantidade aqueles da classe 1. Em 2003 a mPa teve maior atuação em relação ao ano anterior, acentuando-se em maio. A dinâmica dos ventos manteve-se similar à de 2002. Em 2004 as temperaturas foram altas, com exceção do mês de maio, quando as temperaturas mais baixas e a maior incidência da mPa propiciaram ventos de menor intensidade entre todos os anos observados. A classe predominante foi 0 de acordo com Beaufort, atingindo raramente a classe 1. O mês de maio foi o que teve os ventos mais calmos, não atingindo a classe 1.

Ainda que não existam dados relativos à velocidade mínima efetiva para a dispersão de sementes de *Pinus* spp., supõe-se que ventos “calmos” e “quase calmos” (classes 0 e 1) não sejam eficazes na remoção de sementes das árvores-mãe. No entanto, tendo em vista que os dados analisados são referentes a medidas de ventos a 3 metros de altura, as velocidades em alturas iguais ou superiores a 10 metros são, obviamente, maiores que a selecionada. Dessa forma, ventos classificados como “quase calmos” a 3 metros, apresentam velocidades 20% maiores quando medidos a 10 metros (TUBELIS; NASCIMENTO, 1980). Assim, foram considerados como “calmaria” apenas os ventos “calmos” (classe 0) e analisada a direção dos ventos em função das velocidades potencialmente efetivas para a dispersão de *Pinus elliottii*.

Durante o período de março a maio (1999 a 2004), considerando as velocidades médias diárias e as direções, os ventos de maior importância foram, respectivamente, Norte, Nordeste e Sudeste (Figura 3). Nestas direções, descontando-se os períodos de calmaria, ventos na classe “quase calmo” e “brisa amena” (Figura 4). Ventos mais fortes, nas classes “leve” e “moderado”, embora ocorram, estão ligados a eventos fortuitos.

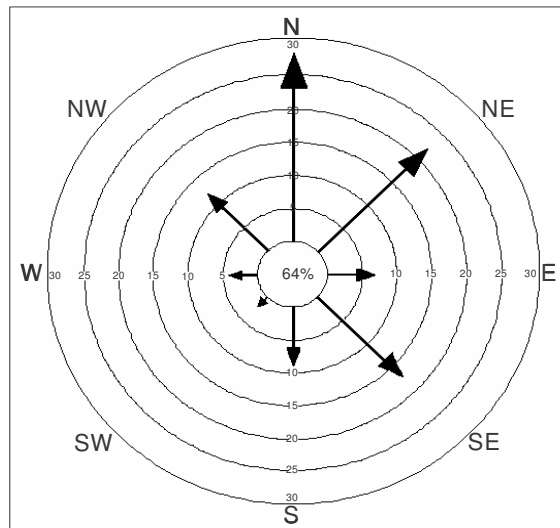


Figura 3 - Direção dos ventos, em porcentagem, nos meses de março, abril e maio, no período de 1999-2004. O valor na porção central indica calmaria, considerando as velocidades médias em cada meia hora.

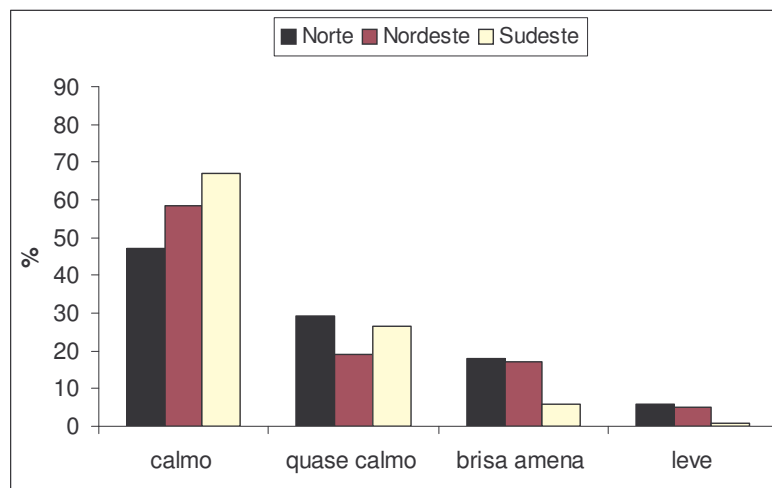


Figura 4 - Distribuição em porcentagem das classes de velocidade de vento na área de estudo.

## Correlação entre a invasão por *Pinus* e as variáveis ambientais na Estação Ecológica

A constatação de que a maior parte da invasão se situa em áreas com vegetação campestre e, principalmente, em locais com excedente hídrico, como as planícies fluviais e fluvio-lacustres, pode estar relacionada, além da proximidade dos sítios de disseminação, ao fato de que a disponibilidade de luz e água nestes locais é abundante, tendo em vista que, segundo Jankovski (1996), os fatores limitantes à germinação de *P. elliottii* são a umidade no primeiro ano e a luz nos anos subseqüentes. Dessa forma as sementes podem germinar tão logo sejam dispersas. Adicionalmente admite-se que comunidades vegetais campestres e savânicas estejam entre as mais suscetíveis à invasão (RICHARDSON; BOND, 1991; HUGHES, 1994, RICHARDSON; HIGGINS, 1998), pois apresentam condições ideais ao estabelecimento de espécies de *Pinus*, tais como, luminosidade elevada e ausência de formas de vida arbóreas.

As fisionomias savânicas e campestres têm sido, historicamente, as mais afetadas por atividades antrópicas (HANNAH et al. 1995) e recebido pouca atenção, do ponto de vista da conservação, em comparação com as florestas tropicais (ZALBA; VILLAMIL, 2002), não obstante abriguem uma

elevada biodiversidade, como demonstram alguns estudos realizados na Estação Ecológica de Itirapina (BRASILEIRO et al., 2005; FANTINATI, 2004; WILLIS, 2004; TANNUS et al., 2006). Caso as invasões não sejam controladas urgentemente, esses ecossistemas estarão sujeitos ao desaparecimento, na região, acarretando na extinção local de um grande número de espécies.

De acordo com Zanchetta e Diniz (2006), *Pinus elliottii* é a principal espécie invasora do gênero na Estação Ecológica de Itirapina, tendo sido encontrada em 97% das amostras durante levantamento realizado em 2005. Os principais focos de invasão foram constatados em áreas cobertas por campo úmido e em alguns locais cobertos por campo limpo, campo sujo e campo cerrado.

Essas áreas invadidas situam-se predominantemente sobre sedimentos quaternários associados às planícies fluviais e flúvio-lacustres. Convém ressaltar que tais sedimentos inconsolidados e de textura arenosa recobrem sedimentos da formação Pirambóia, os quais, embora arenosos, apresentam textura siltosa e argilosa que favorecem a retenção da água.

Áreas úmidas, nascentes e cursos d'água são igualmente afetadas por plantas invasoras, que podem reduzir o volume de água disponível, reduzir a vazão e aumentar a taxa de evaporação, prejudicar a navegação, danificar usinas de geração de energia e eliminar plantas e animais nativos em função das modificações provocadas ao meio, uma das quais a redução de luminosidade no meio aquático, que pode afetar os recursos pesqueiros (WESTBROOKS, 1998). A constatação de que a maior parte da invasão se situa em áreas com vegetação campestre e, principalmente, em locais com excedente hídrico, como as planícies fluviais e flúvio-lacustres, pode estar relacionada, além da proximidade dos sítios de disseminação, ao fato de que a disponibilidade de luz e água nestes locais é abundante.

A principal fonte de propágulos para a invasão é representada por talhões localizados na região de contato entre as Estações Experimental e Ecológica. Tais talhões representam sítios de disseminação por quatro motivos principais: a) pela posição mais elevada no relevo, em comparação com os sítios invadidos; b) pela proximidade com as áreas invadidas (ZANCHETTA; DINIZ, 2006); c) pela direção favorável dos ventos durante o período de dispersão das sementes; e d) pela ausência de uma vegetação com densidade suficiente, entre as duas UCs, para minimizar a dispersão de sementes para a Estação Ecológica.

Observou-se, ainda, que os talhões de *Pinus elliottii*, que representam a principal fonte de propágulos, localizam-se em posições topográficas mais elevadas em relação às áreas afetadas pelas invasões, fato que favorece em muito a dispersão de sementes. Além disso, a proximidade entre a fonte de propágulos e as áreas invadidas faz com que a dispersão, mesmo a curtas distâncias, seja eficaz no processo de invasão, ou seja, mesmo com ventos leves a dispersão é bem sucedida.

Analisando-se as fotografias aéreas, pode-se notar que as árvores invasoras diminuem em densidade conforme aumenta a distância da fonte de propágulos, evidenciando, conforme afirmam Harper (1977); Okubo; Levin (1989); Willson (1993), que a dispersão da maioria das sementes ocorre a curtas distâncias. No entanto, árvores de *P. elliottii* foram observadas em distâncias de até 5 km dos talhões e, dessa forma, duas hipóteses, não excludentes, podem ser levantadas: a) mesmo que a maior parte das sementes seja dispersa a curtas distâncias, algumas sementes podem atingir distâncias maiores, através de dispersão secundária via movimentos convectivos (*thermal uplift*); ou b) muitas plantas estabelecidas como invasoras já atingiram a maturidade e estão produzindo sementes, aumentando assim a amplitude espacial da dispersão.

Movimentos convectivos são fenômenos comuns, principalmente em áreas abertas, como as encontradas na Estação Ecológica, e podem, certamente, estar atuando na dispersão secundária das sementes de *Pinus* na área. Adicionalmente, observações feitas *in loco* permitem-nos concluir

que muitas das plantas invasoras já estão se reproduzindo, fato que, provavelmente, está contribuindo para a expansão da área invadida. Tendo em vista que os ventos não encontram barreiras à sua passagem, devido à fisionomia aberta da vegetação, a contaminação por *P. elliottii* na Estação Ecológica pode ficar fora de controle.

Os ventos são altamente favoráveis para a disseminação das sementes, tendo em vista que o período de dispersão de *P. elliottii*, que compreende os meses de março a maio (SÃO PAULO, 1988), coincide com um período de grande direcionamento dos ventos no sentido em que ocorre a invasão (Norte, Nordeste e Sudeste). O período coincide também com o término da estação chuvosa e início da seca e os ventos favoráveis e de maior intensidade facilitam o deslocamento das sementes.

Correlacionando a dinâmica das massas de ar e a conseqüente dinâmica dos ventos com a localização dos focos de invasão, constata-se que quando a Frente Polar está se aproximando do território paulista, os ventos deslocam-se no sentido Norte (Figura 5, situação 1), em movimento anti-horário. Tal deslocamento gera ventos mais fortes (pré-frontal), favorecendo o estabelecimento de focos de invasão no trecho do Ribeirão Itaqueri, a cerca de dois quilômetros à montante da represa do Lobo.

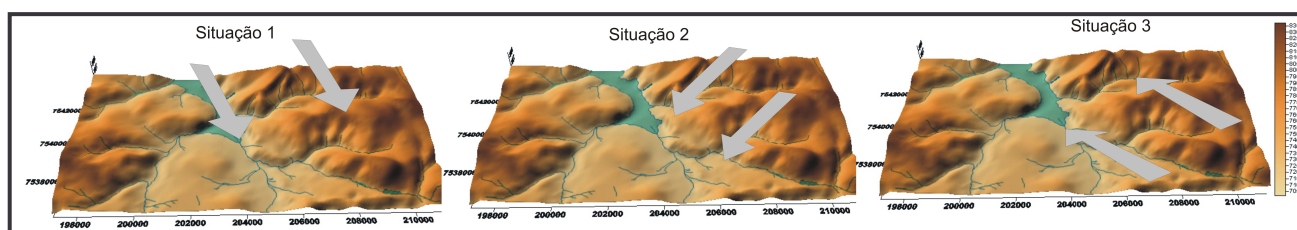


Figura - 5: Três situações de direcionamento de ventos na área de estudo.  
Elaboração: Leandro de Souza Pinheiro, 2006.

A situação 2 (Figura 5) é representativa do estágio final de uma frente fria. Ocorre depois da dissipação da frente com o domínio do Anticiclone Tropical Atlântico. O resultado são os focos de invasão nos setores de planície fluvial e flúvio-lacustres, localizados nos interflúvios do Ribeirão do Lobo e do Itaqueri e na margem esquerda do Itaqueri, próximo à confluência com o Córrego da Água Branca.

Esta área também se encontra sob a influência dos ventos que sopram de SE (Figura 5, situação 3), que também influenciam setores de planícies fluviais à margem esquerda da Represa do Lobo, quando a frente distancia-se, sempre em sentido anti-horário, do estado paulista.

Na passagem da frente fria os ventos que sopravam do quadrante norte tornam-se, sucessivamente, ventos de Oeste, Sudoeste e Sul.

## Proposta de manejo do processo de contaminação biológica

Diversas medidas corretivas, ou mitigatórias, podem ser encontradas em literatura, muitas das quais se chocam com o principal propósito da Estação Ecológica, que é o de preservar a integridade dos ecossistemas e a biota nativa. Dentre essas medidas podem ser citadas: a remoção manual das plantas nas áreas invadidas, queima, pastoreio, corte e aplicação de químicos, pulverização de mudas, estabelecimento de barreiras corta-vento (*windbreaks*), entre outras (ZILLER, 2000).

Embora essas medidas possam ser eficazes, algumas das quais sendo inclusive utilizadas na área da Estação Ecológica, como o corte de árvores invasoras, há a necessidade de impedir novos focos de invasão para que os trabalhos de correção sejam efetivos a longo prazo.

A utilização de barreiras corta-vento seria uma opção para minimizar a ação dos ventos na dispersão das sementes de *P. elliottii* dos talhões para as áreas com vegetação natural. Tais barreiras consistem no plantio de linhas de árvores ao redor dos talhões, no intuito de reduzir a ação dos ventos. Exemplos de utilização de barreiras corta-vento são encontrados para a contenção de ventos em fazendas (IOWA UNIVERSITY, 1997). A utilização de barreiras para a contenção da dispersão de sementes de *Pinus* spp. é sugerida por Ziller (2000). No entanto, tal medida prevê o remanejamento dos talhões de acordo com as características do relevo local, o que, no caso da Estação Experimental, se torna inviável, tendo em vista que toda a área desta UC se encontra em posição topográfica mais elevada em relação à área invadida. Além disso, a utilização de barreiras tem limitações práticas, tais como, a escolha de espécies de porte suficientemente elevado para proteger os talhões que, em geral, atingem de 15 a 20 metros de altura e estão posicionados em aclive. Outrossim, deve-se ressaltar que todas as espécies têm potencial invasivo, até prova em contrário, não se devendo considerá-las inofensivas em primeira instância. Esse princípio tem sido recomendado por diversos pesquisadores do ramo (MACK et al., 2000; STEINKE; WALTON, 1999).

Diante de todos os fatores analisados, chegou-se à conclusão de que a melhor estratégia para a contenção das invasões é o estabelecimento de uma **zona de recuperação com espécies nativas** entre as duas UCs. Consiste na implantação de uma área com vegetação nativa da região, adequada às características pedológicas e fisiográficas locais e, portanto, que não ofereça riscos para a integridade dos ecossistemas naturais, ao mesmo tempo em que poderia funcionar como um corredor ecológico, ligando as áreas naturais da Estação Ecológica com fragmentos de cerrado que ainda restam na Estação Experimental (Valério e Vermelhão). A ausência de uma vegetação de maior porte, entre as Estações Experimental e Ecológica, favorece a dispersão de sementes, uma vez que estas não encontram obstáculos à sua movimentação (Figura 6). A implantação de uma área com vegetação mais densa na região limítrofe entre as duas UCs funcionaria como um filtro à dispersão das sementes de *Pinus*.



Figura 6: Ilustração da área de estudo. Fotografia: Leandro de Souza Pinheiro, 2006.

O estabelecimento de uma **zona de recuperação com espécies nativas** da região prevê a remoção de 524 ha, os quais representam riscos para a integridade dos ecossistemas nativos da Estação Ecológica e a posterior recuperação da área com espécies nativas de cerrado. A idéia central é substituir os talhões de *P. elliottii* pelo cerrado outrora encontrado no local. Para tanto, as

ações de corte e posterior plantio devem seguir as normas estabelecidas no Módulo de Plantio Anual (M.P.A.), previsto na Revisão do Plano de Manejo Integrado das Unidades de Itirapina (ZANCHETTA; DINIZ, 2006).

Adicionalmente às ações de revegetação da **zona de recuperação com espécies nativas**, é indispensável que se proceda à **retirada das árvores invasoras**, no intuito de restabelecer as características da paisagem natural e, principalmente, para que estas árvores não continuem atuando como fonte de propágulos. Nesse caso, a contratação de profissionais especializados se faz necessária, tendo em vista a dificuldade de acesso às áreas invadidas, bem como os possíveis impactos que podem ser gerados com a adoção de técnicas de manejo inadequadas. Sugere-se que as áreas invadidas sejam **monitoradas periodicamente**, até que as invasões sejam totalmente suprimidas.

Para a composição da **zona de recuperação com espécies nativas**, sugere-se o plantio de espécies encontradas na região, levando-se em conta as características pedológicas locais. Os solos da área a ser recuperada são do tipo Neossolo Quartzarênico e, pela posição topográfica, não estão sujeitos à influência do lençol freático superficial. Na região da Estação Ecológica podem ser encontradas diversas fisionomias de cerrado (campo limpo, campo sujo, campo cerrado, cerrado *sensu stricto* e cerradão), estabelecidas sobre solos, com as mesmas características do local a ser restaurado. Isso sugere que as espécies do cerrado regional são as mais apropriadas para serem utilizadas na implantação de tal zona.

## Considerações Finais

Os dados obtidos ao longo da pesquisa evidenciam que a área da Estação Ecológica apresenta condições litológicas, geomorfológicas, pedológicas, hidrológicas, climáticas e vegetacionais que favorecem a dispersão das sementes e o estabelecimento dos focos de invasão.

Tais características exigem uma tomada de decisão imediata, visando conter o processo de contaminação, caso contrário a Estação Ecológica perderá sua função, que é a de preservar os ecossistemas nativos da região.

Em função da pré-disposição da área para a contaminação biológica pelo *P. elliotii*, considera-se que não há uma única solução para o problema, mas a implementação concomitante de três procedimentos:

- ✓ **Remoção dos talhões de *Pinus elliotii*** localizados nos talhões próximos à Estação Ecológica e;
- ✓ A instalação da **zona de recuperação com espécies nativas**, que agiriam como um filtro, dificultando a dispersão das sementes pelo vento;
- ✓ Fica evidente a importância de um manejo através do **corte manual das árvores invasoras**, face ao lento desenvolvimento das espécies de Cerrado, que apenas a longo prazo poderão desempenhar eficientemente o papel de barreira à dispersão de sementes pelo vento.

## Referências

ALMEIDA, F.F.M. de. **Os fundamentos geológicos do relevo paulista**. São Paulo: IGEOG, 1974. (Série teses e monografias, n.14)



BRASILEIRO, C. A. et al. Amphibians of an open cerrado fragment in southeastern Brazil. **Biota Neotropica**, Campinas, SP, v. 5, n. 2, p. 1-17, 2005. Disponível em: <http://www.biotaneotropica.org.br/v5n2/pt/download?article+BN00405022005+item>. Acesso em: 10 maio 2006.

BREYTENBACH, G. J. Impacts of alien organisms on terrestrial communities with emphasis on communities of the south-western Cape. In: MACDONALD, I. A. W.; KRUGER, F. J.; Ferrar, A. A. (Ed.). **The ecology and management of biological invasions in Southern Africa**. Cape Town: Oxford University Press, 1986. p. 229-238.

CARUSO, M. M. L. **O desmatamento da ilha de Santa Catarina de 1500 aos dias atuais**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1990.

DELGADO, J. M. et al. Plano de manejo integrado das unidades de Itirapina – SP. **IF. Série Registros**, São Paulo, n. 27, p. 1-153, 2004.

FANTINATI, M. R. **Levantamento florístico de áreas alagadas no cerrado da Estação Ecológica de Itirapina – SP**. 2004. 168 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

GARCÍA-MOZO, H.; COMTOIS, P.; KUEHNE, E. Aerobiological clines: The role of topography as a barrier for establishing dispersal corridors. **Aerobiologia**, New York, v. 20, n. 2, p. 161–172, 2004. Disponível em: [http://www.springerlink.com/content/x271w73366v04\\_u64/](http://www.springerlink.com/content/x271w73366v04_u64/). Acesso em: 16 maio 2006. doi: 10.1023/B:AERO.0000032953.03309.c5

HANNAH, L.; CARR, J. L.; LANKERANI, A. Human disturbance and natural habitat: a biome level analysis of a global data set. **Biodiversity and Conservation**, London, GB, v. 4, p.128 –155, 1995.

HARPER, J. L. **Population biology of plants**. London: Academic Press, 1977.

HUGHES, C. E. Risks of species introduction in tropical forestry. **Commonwealth Forestry Review**, Oxford, GB, v. 73, n. 4, p. 243-252, 1994.

IOWA STATE UNIVERSITY. **Farmstead windbreaks: planning**. University Extension. Iowa State University of Science and Technology, Ames, Iowa, 1997. Disponível em: <http://www.extension.iastate.edu/Publications/PM1716.pdf>. Acesso em: 10 maio 2006.

JANKOVSKI, T. **Estudo de alguns aspectos da regeneração natural induzida em povoamentos de *Pinus taeda* L. e *Pinus elliotti* Engelm.** 1996. 106 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1996.

KÖPPEN, W. **Climatologia**. México: Fondo de Cultura Económica, 1948.

MACK, R.N. et al. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences and control. **Ecological Applications**, Washington, v. 10, n. 3, p. 689-710, 2000. Disponível em: [http://links.jstor.org/sici?sici=1051-0761\(200006\)10%3A3%3C689%3ABICEGC%3E2.0.CO%3B2-H#abstract](http://links.jstor.org/sici?sici=1051-0761(200006)10%3A3%3C689%3ABICEGC%3E2.0.CO%3B2-H#abstract). Acesso em: 17 maio 2006. doi:10.2307/2641039.

MENTE, R. F.; BRACK-HANES, S. D. Phenology, developmental patterns and growth cycles for multiple seed crops in *Pinus elliottii* Engelm. and *P. clausa* (Engelm.) **International Journal of Environmental Studies**, Vasey, v. 62, n. 6, p.701-708, 2005.

NIMER, E. Climatologia do Brasil. **Rev. Bras. Geografia**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 3, p. 9-42, jun./set. 1966.

OKUBO, A.; LEVIN, S. A. A theoretical framework for data analysis of wind dispersal of seeds and pollen. **Ecology**, Durham, v. 70, n. 2, p. 329-338, 1989. Disponível em: [http://links.jstor.org/sici?sici=1051-0761\(200006\)10%3A3%3C689%3ABICEGC%3E2.0.CO%3B2-H#abstract](http://links.jstor.org/sici?sici=1051-0761(200006)10%3A3%3C689%3ABICEGC%3E2.0.CO%3B2-H#abstract). Acesso em: 17 maio 2006.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002.

RAPOPORT, E. H. Contaminação por espécies. **Ciência Hoje**, São Paulo, v. 13, n. 75, p. 52-57, 1991.

RICHARDSON, D. M.; BOND, W. J. Determinants of plant distribution: evidence from pine invasions. **American Naturalist**, Chicago, v. 137, n. 5, p. 639-668, 1991.

RICHARDSON, D. M.; HIGGINS, S. I. Pines as invaders in the southern hemisphere. In: Richardson, D. M. (Ed.). **Ecology and biogeography of Pinus**. Cambridge: Cambridge University Press, 1998. p. 450-473.

RICHARDSON, D. M. Commercial forestry and agroforestry as sources of invasive alien trees and shrubs. In: SANDLUND, O. T.; SCHEI, P. J.; VIKEN, A. **Invasive species and biodiversity management**. Dordrecht: Kluwer, 1999. p. 237-257.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Instituto Florestal. Coordenação da Pesquisa de Recursos Naturais. **Index seminum**. São Paulo, 1988.

SETZER, J. **Atlas climático e ecológico do estado de São Paulo**. São Paulo: Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguai/CESP, 1966.

SHAUGHNESSY, G.A. **A case study of some woody plant introductions to the Cape Town area**. In: The ecology and management of biological invasions in Southern Africa (MacDonald, I.A.W., Kruger, F.J. & Ferrara eds.). Oxford University Press, Cape Town, 1986. p. 37-43.

STEINKE, E.; WALTON, C. Weed risk assessment of plant imports to Australia: policy and process. **Australian Journal of Environmental Management**, Canberra, v. 6, p. 157-163, 1999.

TANNUS, J. L. S. et al. **Fitofisionomias da Estação Ecológica de Itirapina**. 2006. (No prelo).

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo: Nobel, 1980.

VANDER WALL, S. B.; JOYNER, J. W. Secondary dispersal by the wind of winged pine seeds across the ground surface. **The American Midland Naturalist**, Notre Dame, US, v. 139, n. 2, p. 365-373, 1998.

VEIGA, A.A. Balanços hídricos das dependências da divisão de florestas e estações experimentais. **Bol. Téc. Inst. Florest.**, São Paulo, v. 18, p.1-34, 1975.

VERSFELD, D. B.; VAN WILGEN, B. W. Impact of woody alien on ecosystem properties. In: MACDONALD, I. A. W.; KRUGER, F. J.; FERRAR, A. A. (Ed.). **The ecology and management of biological invasions in Southern Africa**. Cape Town: Oxford University Press, 1986. p. 239-246.

WELLS, M.J. et al. The history of introduction of invasive alien plants to southern África. In: MACDONALD, I. A. W.; KRUGER, F. J.; Ferrar, A. A. (Ed.). **The ecology and management of biological invasions in Southern Africa**. Cape Town: Oxford University Press, 1986. p. 21-35.

WESTBROOKS, R. **Invasive plants: changing the landscape of America: fact books**. Washington, DC: Federal Interagency Committee for the Management of Noxious and Exotic Weeds, 1998.

WILLIS, E. O. Birds of a habitat spectrum in the Itirapina savanna, São Paulo, Brazil (1982-2003). **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 64, n. 4, p. 901-910, 2004.

WILLSON, M.F. Dispersal mode, seed shadows, and colonization patterns. **Vegetatio: Acta Geobotanica**, The Hague, v. 107/108, p. 261-280, 1993.

ZALBA, S. M. et al. Pine invasions and control in argentinian grassland nature reserve. In: INTERNATIONAL WEED SCIENCE CONGRESS, 3<sup>rd</sup>, Foz do Iguaçu, 2000. **Anais...** v. 1

ZALBA, S. M.; VILLAMIL, C. B. Woody plant invasion in relictual grasslands. **Biological Invasions**, New York, v. 4, p. 55–72, 2002. Disponível em: <http://www.springerlink.com/content/j46h574pp63v6543/>. Acesso em: 10 maio 2006. doi: 10.1023/A:1020532609792

ZANCHETTA, D.; DINIZ, F. Estudo da contaminação biológica por *Pinus* spp. Em três diferentes áreas na Estação Ecológica de Itirapina - SP. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 18, n. único, p. 1-14, dez., 2006.

ZANCHETTA, D. et al. **Plano de manejo**: Estação Ecológica e Estação Experimental de Itirapina, SP. 2006. Não publicado.

ZILLER, S.R. **A estepe gramíneo-lenhosa no segundo planalto do Paraná**: diagnóstico ambiental com enfoque à contaminação biológica. 2000. 268 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

## **Agradecimentos**

Manifestamos os nossos agradecimentos à Empresa Concessionária Centrovias S.A., pelo financiamento deste trabalho, com recursos oriundos do Termo de Compromisso e Compensação Ambiental - TTCA, proveniente da duplicação da SP-225 (trecho Itirapina - Jaú);

Ao Prof. Dr. Francisco Vecchia, do Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada da Escola de Engenharia de São Carlos (CRHEA/EESC - USP), pelo fornecimento dos dados climáticos.

À fundamental contribuição do Prof. Dr. Antonio Carlos Tavares, na orientação da análise e interpretação dos dados climáticos, e à Profa. Iandara Alves Mendes, pela coordenação e análise do meio físico, ambos do Departamento de Geografia do IGCE/UNESP, Rio Claro - SP.