O Projeto Fitogeografia

Mario Ivo Drugowich [1]
Antoniane Arantes de Oliveira Roque [1]
Marina Crestana Guardia [2]
Cristina Carvalho Gomes [1]
Clélia Maria Mardegan [1]
Marcelo de Souza Machado Crestana [1]
Escolástica Ramos de Freitas [1]
Eduardo Ribeiro da Silva [1]

[1] Coordenadoria de Assistência Técnica Integral – CATI
Centro de Informações Agropecuárias - CIAGRO
Av.Brasil, 2340, Caixa Postal 960 - 13070-178 - Campinas - SP, Brasil
{ drugo, antoniane, cristina.gomes, escolastica, eduardo.ribeiro }@cati.sp.gov.br

[2] Instituto de Botânica
Núcleo de Pesquisa em Sementes
Av. Miguel Stéfano, 3687 - 04301-902 - São Paulo - SP, Brasil
mcguardia@ibot.sp.gov.br

Abstract. The State of São Paulo, between the nineteenth and twentieth centuries, has lost much of its native vegetation, with a significant share of pressure from urban and industrial growth on the rural area and its resources. Recover the native forests of the state becomes important, given the environmental problems on population. The objective of this project was to create a tool that assists the community involved in forest restoration projects, presenting a list of tree and shrub species, occurring in different regions of the state with similar characteristics, thus increasing the wealth of biodiversity in areas recovered. The methodology used for the preparation of this work was the realization of the juxtaposition of maps of the hipsometry (made by CATI from the model digital elevation from ASTER, version 2), forest formations (Project Biota / FAPESP), climate classification Köppen- Geiger (Peel et al., 2007) and groupings of soils (modified from IAC / EMBRAPA), aiming at the intersection and geospatialization of features with similar characteristics. 146 articles from different authors were spatially distributed as a basis for indications of planting. The increase in species indicated by means of this study, available on the web, allow for a greater range of options offer species in areas to be recovered, thus increasing the diversity of the local flora, maintaining the requirement established by law and is more specific in regionalized level. The use of GIS showed his strong contribution in obtaining the intersection between different parameters to forest growth and obtaining homogeneous areas.

Palavras-chave: forest restoration, Geobotanic, geoprocessing, geoserver, recuperação florestal, Geobotânica, geoprocessamento.

1. Introdução

O Estado de São Paulo, entre os séculos XIX e XX, perdeu grande parte de sua vegetação nativa (Mendonça, 2004), com expressiva parcela de contribuição das pressões exercidas pelo crescimento urbano e industrial sobre a área rural e seus recursos. Porém na última década, conforme constatações de diferentes órgãos da administração pública, a cobertura vegetal natural vem crescendo, mesmo que lentamente, devido ao aumento da consciência ecológica da população e do cerceamento imposto pela aplicação de leis de cunho ambiental. Tal crescimento deve-se a diferentes ações e projetos de recuperação de áreas desmatadas. Zorzetto (2010) destaca que em menos de 10 anos quase 95 mil hectares de florestas e campos foram recuperados no estado.

A importância de se efetuar uma recuperação das áreas até então degradadas, com o estabelecimento de uma cobertura florestal que evitasse processos erosivos, passou a ser assunto importante (Melo e Durigan, 2007), visando-se a recuperação do potencial ecológico da cobertura.

A realização de estudos básicos sobre a composição florística e as relações fitossociológicas entre as espécies colonizadoras de áreas fortemente perturbadas ao longo do tempo são ferramentas importantes a serem utilizadas para nortear estratégias de reabilitação e recuperação destas (Nappo et al., 2000).

O objetivo do presente projeto foi criar uma ferramenta de suporte à comunidade envolvida em projetos de recuperação florestal, apresentando uma lista de espécies vegetais arbóreas e arbustivas, ocorrentes em diferentes regiões do Estado com características homogêneas, aumentando-se assim a riqueza da biodiversidade nas áreas recuperadas.

O vocábulo Fitogeografia também pode ser entendido por Geobotânica, estudando e demonstrando assim a distribuição geográfica das comunidades de plantas nas diversas regiões do território paulista, considerando as zonas climáticas e fatores que possibilitam a sua adaptação, principalmente fatores do meio físico.

As instituições públicas responsáveis pela gestão ambiental vêm aplicando cada vez mais as ferramentas de geoprocessamento, como exemplo os trabalhos de Kronka et al. (2002) e Roque et al. (2009). O potencial deste processamento de informações, levando-se em consideração a geoespacialização no território, têm se consolidado dia após dia, com resultados positivos e condizentes com a realidade.

Desta forma, buscou-se no presente estudo, realizar cruzamentos de diferentes informações que entram como parâmetros do crescimento das espécies arbóreas e arbustivas, com vistas à obtenção de feições com características homogêneas, para cruzamento com bibliografias disponíveis da área, chegando-se assim à indicação de espécies para plantio em áreas de recuperação florestal, aumentando-se desta forma a gama de espécies disponíveis para os técnicos envolvidos em projetos de recuperação ambiental.

2. Metodologia de Trabalho

A metodologia utilizada para a confecção deste trabalho foi a realização da justaposição dos mapas de:

i. Hipsometria, confeccionado pela CATI a partir do modelo digital de elevação do sensor ASTER, versão 2, disponibilizadas por meio de um esforço cooperativo entre a NASA, o Ministério de Economia, Comércio e Indústria (METI) do Japão e o Centro de Sensoriamento Remoto e Análise de Dados da Terra (Centro ERSDAC – sigla em inglês para Japan's Earth Remote Sensing Data Analysis Center), ERSDAC (2011);
ii. fisionomias florestais, confeccionado e disponibilizado por Projeto Biota/Fapesp);
iii. classificação climática de Köppen-Geiger,confeccionadopor Peel et al., 2007;
iv. agrupamentos de solos, modificado pelos autores de IAC/EMBRAPA, realizando-se junções de solos com características próximas, do ponto de vista do desenvolvimento florestal;

O cruzamento efetuado, após edições de eliminação de polígonos com áreas menores que 200 ha (objetivo de planejamento nível macro), junção de polígonos semelhantes e limítrofes (dissolve), eliminação de inconsistências entre shapes, múltiplas partes para partes únicas entre outras operações de sistematização dos vetores finais, envolveu todos os mapas iniciais, os quais foram classificados como condicionantes ao desenvolvimento das espécies.

Para o levantamento e indicação de espécies florestais, arbustivas e arbóreas, às diferentes regiões do estado, efetuou-se um levantamento bibliográfico acerca de composições florísticas realizadas no estado de São Paulo, obtendo-se um total de 146 trabalhos acadêmicos de

diferentes autores, os quais foram geoespacializados, tendo-se obtido um total de 1.507 espécies catalogadas.

Todos os trabalhos foram efetuados em ambiente de SIG (Sistemas de Informações Geográficas), destacando-se o uso do software ArcGIS versão 9.3 e versão 10.2, utilizando-se sua biblioteca de operações espaciais ArcToolboxes.

Para a divulgação dos resultados finais, utilizou-se o ArcGIS Server versão 9.3, com criação de cache de escala, bem como níveis escalonáveis de visualização das diferentes camadas. Para a entrega final das consultas às diferentes feições homogêneas, utilizaram-se links de acesso às planilhas pré-montadas confeccionadas por meio de tabelas dinâmicas em software Excel 2010.

3. Resultados e Discussão

Visando-se a obtenção de áreas homogêneas para a indicação fitogeográfica, iniciou-se pela modificação do mapa de solos de Bertoldo et al. (1999), no qual optou-se pelo agrupamento dos Argissolos com os Nitossolos, devido à característica das argilas de atividade baixa e demais características semelhantes, agrupamento dos Cambissolos com os Neossolos, devido à característica próxima do horizonte B inexistente e/ou incipiente e agrupamento dos Chernossolos, Espodossolos, Planossolos, Gleissolos e Organossolos, devido a ocorrência em menor escala no território paulista, mantendo-se os Latossolos de maneira isolada. O resultado é apresentado na Figura 1.

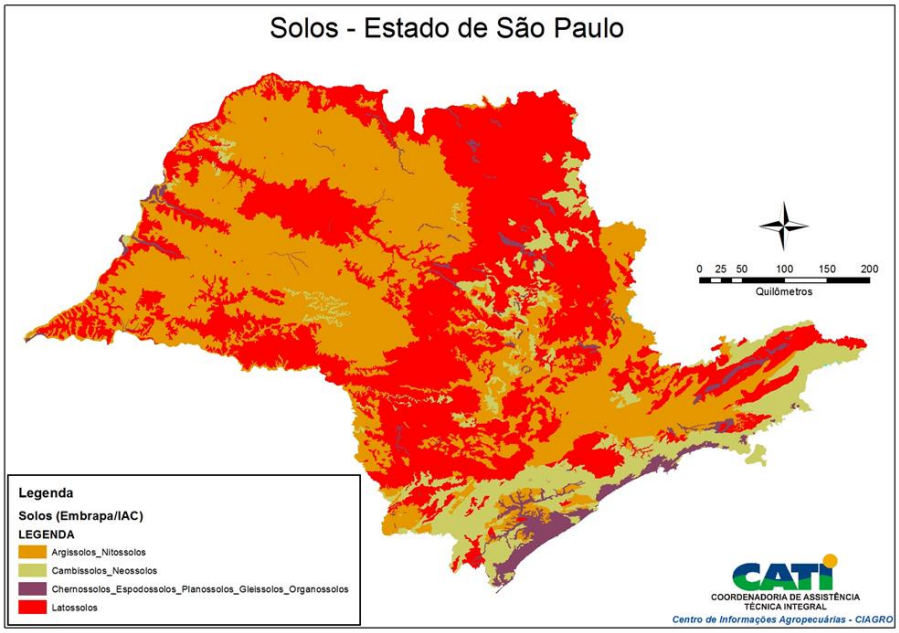
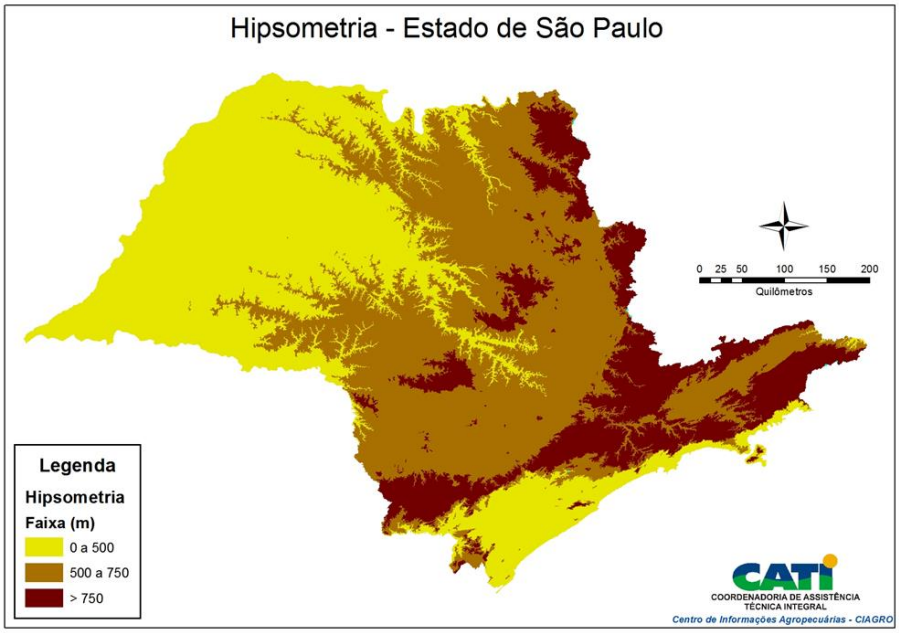


Figura 1 – Mapa de solos modificado.

O resultado apresenta-se como uma boa visualização de feições homogêneas, relativas ao tipo de solo, que apresentam alta correlação com o desenvolvimento radicular das espécies florestais.

Segundo Rodrigues et al. (2007), numa escala local, a topografia tem sido considerada como a mais importante variável na distribuição espacial e na estrutura das florestas tropicais, porque ela comumente corresponde às mudanças nas propriedades dos solos, particularmente no regime da dinâmica da água e na fertilidade. A correlação entre distribuição de espécies arbóreas e variáveis de solos e de topografia tem sido sucessivamente demonstrada em numerosos estudos de florestas tropicais (Carvalho et al., 2005). Sob este enfoque o mapa de Hipsometria em três classes foi confeccionado, conforme Figura 2.



Figuras 2 – Mapa de Hipsometria do Estado de São Paulo.

A restauração ecológica é uma ferramenta-chave no planejamento e implementação de ações de conservação da biodiversidade (Tabarelli et al., 2010). Para tanto, o conhecimento das fisionomias florestais presentes em cada localidade apresenta-se como parâmetro base para o conhecimento da distribuição das espécies. Visando-se a homogeneização de áreas com características aproximadamente semelhantes, confeccionou-se o mapa da Figura 3, agrupando-se as regiões de Contatos (Savana/Floresta Ombrófila, Ombrófila Mista, Ombrófila Densa e Estacional Semidecidual; Floresta Ombrófila Densa/Floresta Ombrófila Mista; e Floresta Estacional Semidecidual/Floresta Ombrófila Mista) e a supressão das áreas de Formação arbórea/arbustiva de terrenos marinhos lodosos, devido a pouca ocorrência.

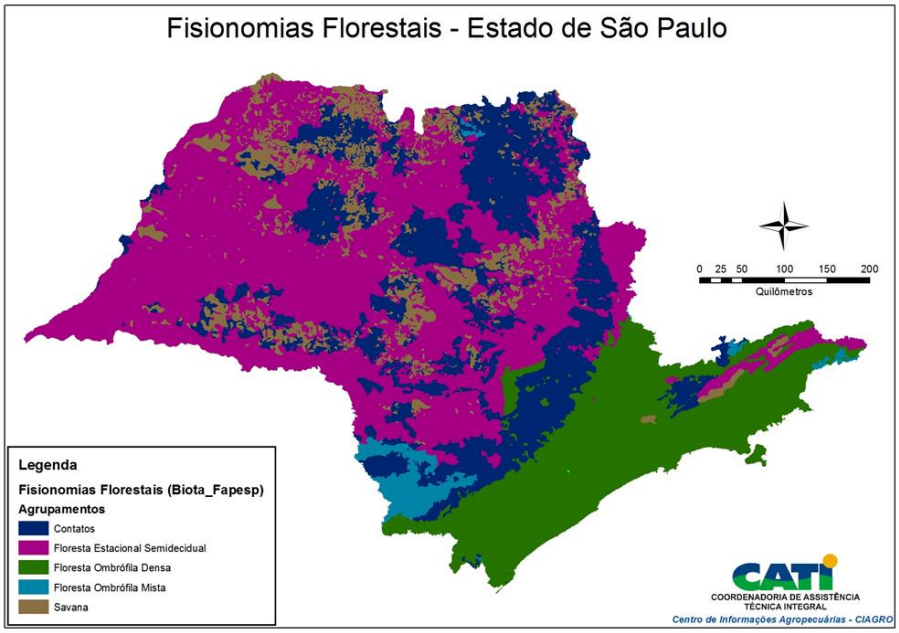


Figura 3 - Mapa modificado de Fisionomias Florestais.

Dentre as variáveis climáticas, a temperatura exerce importante influência sobre a vegetação, sendo determinante na diferenciação florística ao longo de gradientes altitudinais (Brown e Lomolino, 2006), aliada ao regime pluviométrico. Assim, o mapa de clima do Estado de São Paulo (Figura 4), foi confeccionado, efetuando-se o georreferenciamento e recorte do mapa de Peel et al. (2007), cuja filosofia por trás da construção desta versão atualizada do mapa climático de Köppen-Geiger é contar com dados coletados, ao invés de experiência, minimizando assim o número de classificações e decisões subjetivas.

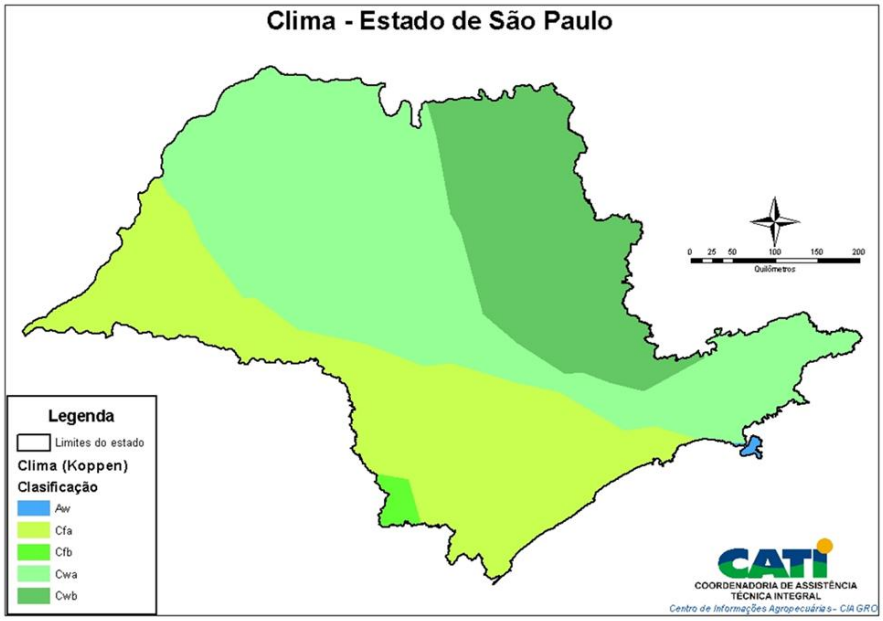


Figura 4 - Mapa de Clima extraído de Peel et al. (2007).

Efetuado o cruzamento entre os quatro mapas anteriores, aplicou-se a função eliminar polígonos por três vezes, visto que o excesso de dados influenciou no resultado do algoritmo espacial, eliminando-se uniões com resultado igual a zero, áreas menores que 200 ha e áreas coincidentes com a área urbana. Aplicou-se ainda as funções eliminar polígonos com ausência de dados para todos os quatro parâmetros de entrada (solos, clima, hipsometria e fisionomias florestais), a função múltiplas partes para partes únicas, visando-se diminuição da quantidade de dados tabulares redundantes e a função *dissolve*, para homogeneização das áreas, tendo como resultado o mapa da Figura 5.

Obteve-se assim um total de 155 feições com características semelhantes, distribuídas pelo território paulista, de acordo com os parâmetros definidos como determinantes ao crescimento de espécies arbóreas e arbustivas.

Utilizando-se dos meios de pesquisa atualmente disponíveis, tanto via web, como utilizando-se de consultas entre bibliotecas, realizou-se a pesquisa às bibliografias de levantamento de composição de fragmentos florestais ao longo do território paulista, com vistas à obtenção de listas de espécies observadas por diferentes autores de diferentes instituições de pesquisa. Obteve-se um total de 146 listas de bibliografias, com um total de 1.507 espécies arbóreas e arbustivas levantadas em São Paulo.

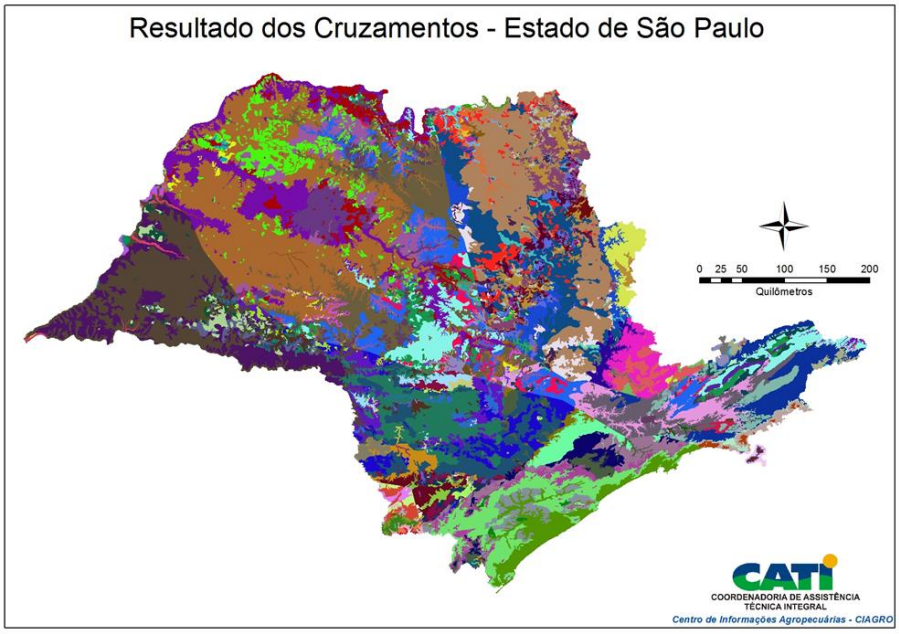


Figura 5 - Mapa do resultado dos cruzamentos efetuados.

De posse das espécies levantadas em cada trabalho, com a respectiva coordenada geográfica da ou das localidades estudadas, efetuou-se uma geoespacialização destas, obtendo-se como resultado uma cobertura de pontos de acordo com o mapa da Figura 6, os quais serão a base para a indicação de espécies à serem utilizadas nos trabalhos de recuperação florestal.

Realizou-se então a operação de *intersect* destes pontos com o resultado dos cruzamentos efetuados, obtendo-se uma cobertura de 44 feições com trabalhos realizados. Apesar da baixa cobertura em relação à polígonos (44 de 155 feições), a área total coberta representou acima de 80% da área do Estado.

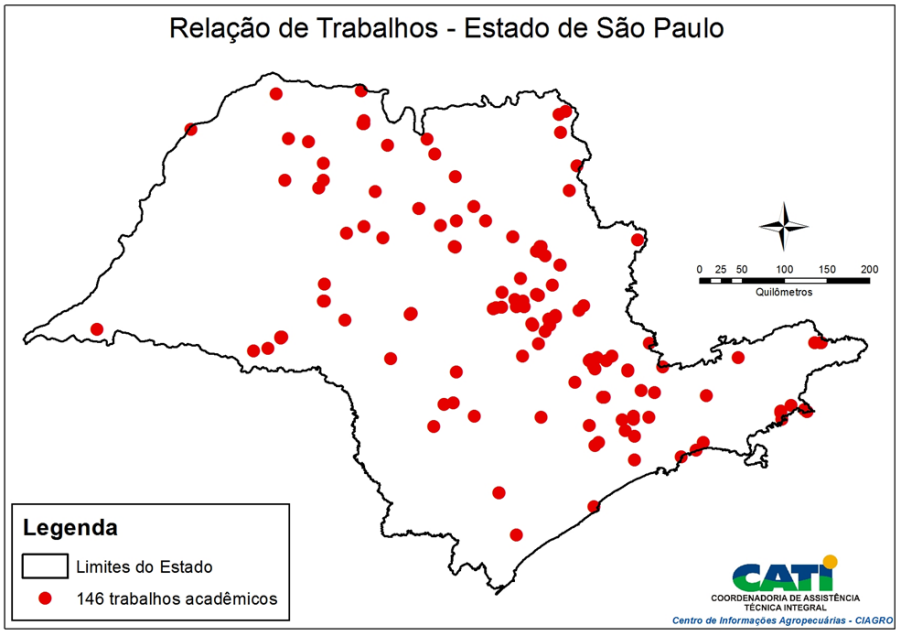


Figura 6 – Geoespacialização da revisão de literatura base do trabalho.

O resultado obtido foi disponibilizado em ferramenta web de geoportal, combinada com vetores de estradas e limites municipais, auxiliando-se assim a definição das localidades em

que os trabalhos de recuperação florestal serão realizados, para a consulta das espécies indicadas, conforme Figura 7.

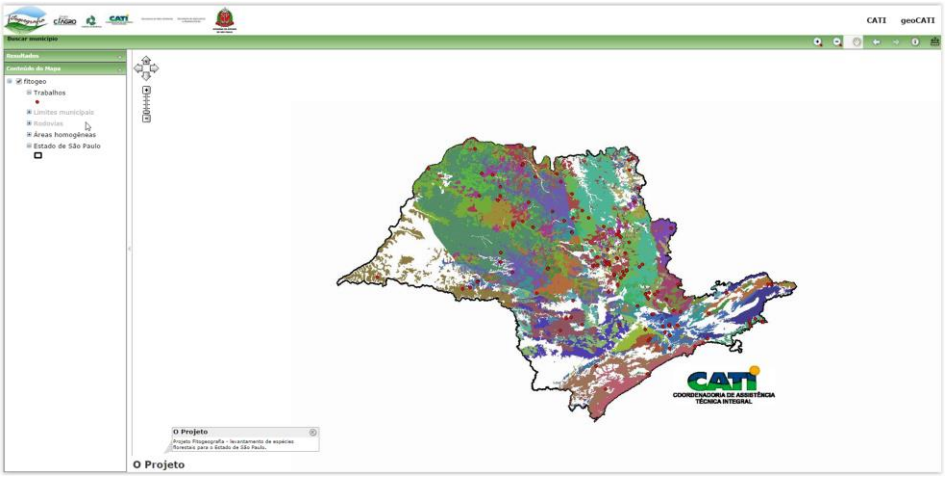


Figura 7 – Visualização do geoportal do projeto Fitogeografia.

Ferramentas básicas de consultas espaciais foram editadas para disponibilização no portal e a relação de espécies indicadas foi tornada disponível por meio de *hyperlink*. Um manual de utilização do geoportal foi preparado e disponibilizado na página de abertura.

Na Figura 8, apresenta-se recorte da lista de espécies de uma das áreas de São Paulo.

Tabela 24 - Relação de espécies recomendadas para plantio na área selecionada. Projeto Fitogeografia versão 2.

	Nome Científico	Nome comum	Nativa	Classe Sucessional	Zoocórica	Ameaçada	Hábito	Tolerância ao encharcamento
1	Abutilon peltatum		S	NP	N	N	At	0
2	Acanthocladus brasiliensis (Polygala klotzchii)		S	0	0	N	At	0
3	Actinostemon concolor	Leitinho	S	NP	N	N	At	M
4	Actinostemon klotzschii (Actinostemon communis)	Laranjeira-brava	S	NP	S	N	At	M
5	Aegiphila integrifolia (Aegiphila sellowiana)	Tamanqueiro	S	P	S	N	Ar	M
6	Aeschynomene paniculata		S	P	S	N	At	B
303	Zanthoxylum fagara (Zanthoxylum hyemale)	Coentrilho	S	NP	S	S	Ar	M
304	Zanthoxylum monogynum (Zanthoxylum pohlianum)	Mamica-laranja	S	NP	S	N	Ar	M
305	Zanthoxylum rhoifolium	Mamica de porca, Laranjeira-brava	S	P	S	N	Ar	M
306	Zanthoxylum riedelianum (Zanthoxylum cinereum)	Mamica-de-porca	S	NP	0	0	Ar	M
307	Zeyheria montana		N	0	0	N	At	0
308	Zeyheria tuberculosa	Ipê-felpudo, Ipê-tabaco	S	NP	N	S	Ar	M

Obs.: Nome científico: refere-se ao nome científico encontrado nas bibliografias consultadas pelo projeto; **Nome comum**: nome e/ou nomes popularmente conhecidos da espécie; **Nativa**: quando a espécie for nativa do estado de São Paulo, S= Sim e N=Não; **Classe Sucessional**: engloba apenas dois parâmetros, P= pioneira e NP= não pioneira; **Zoocórica**: síndrome de dispersão das sementes por meio da fauna, S=Sim e N=Não; **Ameaçada**: se estiver na lista de espécies ameadas constantes do "Livro Vermelho das Espécies Vegetais Ameaçadas do Estado de São Paulo (2007)" e na "IUCN Lista Vermelha", S= Sim e N= Não; **Hábito**: refere-se ao hábito de crescimento e/ou porte da espécie, simplificado para apenas dois parâmetros, Ar= Árvore e At= Arbusto; **Tolerância ao encharcamento**: gradiente de disponibilidade hídrica, A= Alta (espécie tolerante a solos permanentemente encharcados e/ou úmidos), M= Média (espécie que tolera certa umidade no solo) e B= Baixa (espécie tolerante a longos períodos de seca). Quando da ocorrência do valor **0**, a classificação não foi levantada e/ou encontrada ou encontra-se em fase de análise para inclusão.

Figura 8 – Recorte de planilha contendo a relação de espécies indicadas ao plantio em projetos de recuperação florestal e suas características em uma das feições isonômicas.

As características das espécies disponibilizadas foram feitas visando-se auxiliar a confecção de projetos de recuperação ambiental, seguindo-se as exigências constantes na Resolução SMA32/2014 que estabelece as orientações, diretrizes e critérios sobre restauração ecológica no Estado de São Paulo. Espécies nativas ou não do Estado de São Paulo, classe sucessional pioneira ou não, se zoocórica (síndrome de dispersão das sementes por meio da fauna) ou não, se ameaçada de extinção em São Paulo ou não, se possui hábito de crescimento e/ou porte da espécie arbórea ou arbustiva, e se possui tolerância ao encharcamento.

4. Conclusões

O projeto, disponível em "http://www.cati.sp.gov.br/new/acervotecnico.php?ID=59", permitirá que o usuário, aplicando-se o nível de aproximação à região de interesse, obtenha as características desta, bem como a lista de espécies recomendadas para plantio, baseadas na homogeneidade dos parâmetros de tipos de solo, clima, altitude e fisionomias florestais. A partir de agora, toda a rede de assistência técnica e pesquisa do Estado poderá se valer destas informações quando for elaborar um projeto de restauração ecológica em todo território paulista e também servirá àqueles que queiram desenvolver novas pesquisas nesta temática.

O aumento de espécies indicadas por meio do presente trabalho possibilitará uma maior gama de oferta de opções de espécies nas áreas a serem recuperadas, aumentando-se assim a diversidade da flora local, mantendo-se a obrigatoriedade estabelecida em lei (Resolução SMA 32/14) e sendo mais específica tanto em âmbito regional, como local, com a averiguação pontual das recomendações.

O uso do geoprocessamento mostrou sua forte contribuição na obtenção do cruzamento entre os diferentes parâmetros ao crescimento florestal e na obtenção das áreas homogêneas.

Como ainda existem áreas não cobertas pelos trabalhos levantados (áreas em branco no mapa), espera-se a contribuição constante da comunidade no envio de trabalhos realizados nestas áreas, bem como o envio de críticas e sugestões para a melhoria gradual da ferramenta.

5. Referências Bibliográficas

ASTER. **Advanced Spaceborne Thermal and Reflection Radiometer**. Disponível em: <http://asterweb.jpl.nasa.gov/>. Acesso em: 24.mar.2014.

BROWN, J.; LOMOLINO, M. V. **Biogeografia**. 2. ed. Ribeirão Preto: FUNPEC Editora, 2006.

CARVALHO, D.A. et al. Variações florísticas e estruturais do componente arbóreo de uma floresta ombrófila alto-montana às margens do rio Grande, Bocaina de Minas, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasílica**, v.19, n.1, p.91-109, 2005.

KRONKA, FRANCISCO J N et al. **Mapeamento e Quantificação do Reflorestamento no Estado de São Paulo**, São Paulo-SP 1999-2000

MENDONÇA, R.R. A história da ocupação do interior do Estado de São Paulo. In: BITENCOURT, M.D.; MENDONÇA, R.R. (Org.). **Viabilidade de conservação dos remanescentes de Cerrado no Estado de São Paulo**. São Paulo: Annablume; FAPESP, 2004. Cap. 3, p. 57-74.

NAPPO, M. E.; FONTES, M. A. L.; OLIVEIRAFILHO,A. T. Suficiência amostral e análise do tamanho de parcelas para o estudo da regeneração natural do sub-bosque de povoamentos homogêneos de Mimosa scabrella Bentham, em área minerada, em Poços de Caldas, MG. **Revista Árvore**, v. 23, n. 4, p. 443-453, 1999.

OLIVEIRA, J.B.; CAMARGO, M.N.; ROSSI, M. & CALDERANO FILHO, B. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo: legenda expandida**. Campinas, Instituto Agronômico/EMBRAPA Solos. Campinas. 1999. 64p.

PEEL, M. C., Finlayson, B. L., and McMahon, T. A.: Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification, **Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss**., 4, 439-473, 2007.

RODRIGUES, L.A. et al. Efeitos de solos e topografia sobre a distribuição de espécies arbóreas em um fragmento de floresta estacional semidecidual, em Luminárias, MG. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.31, n.1, p.25-35, 2007.

ROQUE, A. A. de O. et al. Uso de sistemas de informação geográficas no gerenciamento de políticas públicas: o projeto LUPA em SP. **Anais...** 2º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Corumbá, 7-11 novembro 2009, Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.585-592.

ZORZETTO, R. O verde clandestino. **Pesquisa FAPESP**, São Paulo, v. 170, p. 50-53, 2010.