



cg ee

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
Ciência, Tecnologia e Inovação

Sistemática: tendências e desenvolvimento, incluindo impedimentos para o avanço do conhecimento na área

José Rubens Pirani

SUMÁRIO

Durante muitos anos, a sistemática ou taxonomia vegetal foi considerada como uma parte estática da botânica, preocupada apenas com a denominação correta das plantas e utilizando para tanto, caracteres morfológicos vegetativos e reprodutivos, muitos já utilizados desde a época de Linnaeus. Hoje o conceito da sistemática evoluiu bastante e, apesar de utilizar a morfologia externa como base para descrição dos táxons, o taxonomista utiliza-se também de múltiplas fontes de evidência, tais como a citologia, anatomia, embriologia, ecologia, genética, química, além de refinadas técnicas computacionais, dos mais requintados instrumentos ópticos e de precisão, e, principalmente dispõe de novos paradigmas pautados em métodos explícitos de análise. Assim, o taxonomista atual deve ser um cientista de campo e laboratório, e o que é mais importante, deve trabalhar integrado a grupos com outros conhecimentos, utilizando portanto a metodologia inerente a cada um deles.

Especialmente nas duas últimas décadas, a sistemática vegetal teve avanços impressionantes, tanto pelo incremento de análises cladísticas como pela aplicação de técnicas moleculares. Análises da variação no genoma de cloroplastos em particular, e, em menor extensão, de segmentos do genoma nuclear incrementaram grandemente nosso entendimento da filogenia das plantas em todos os níveis taxonômicos. Assim, a Sistemática emerge como um ramo vigoroso da Biologia Evolutiva, provendo a necessária perspectiva histórica para a Biologia Comparada e embasamento filogenético para o desenvolvimento de hipóteses sobre processos evolutivos e para a produção de sistemas de classificação preditivos e robustos.

Em contraste a esse desenvolvimento teórico e metodológico vigoroso e consolidação da Sistemática como a ciência do estudo da biodiversidade, vigora num país de megadiversidade como o Brasil a situação de enormes lacunas no estado de conhecimento da vegetação e flora, e necessidade de fortalecimento de equipes de pesquisa. A formulação de políticas e estratégias de desenvolvimento sócio-econômico sustentável depende de aprimoramento dos estudos

taxonômicos e do acesso facilitado a informações sobre biodiversidade. Cresce a demanda por informações técnico-científicas de qualidade para a definição de estratégias e prioridades de conservação de áreas naturais, e para a adoção de medidas de controle e manejo ambiental. Apesar de as coleções de biológicas (zoológicas, botânicas e microbiológicas) comporem a infra-estrutura básica de suporte para o desenvolvimento científico em todas as áreas ligadas ao meio ambiente e indústria, no Brasil elas se encontram em situação muito aquém da adequada. A maioria dos acervos existentes tem sérios problemas de manutenção, carecem de infra-estrutura física e de recursos humanos especializados. Mantido o quadro atual, fica muito difícil vislumbrar no país uma exploração feita de maneira sustentável, com aproveitamento ideal da riqueza de recursos genéticos sem comprometer a conservação da diversidade de ecossistemas. Esses acervos precisam passar por um processo de readequação tecnológica e gerencial, incorporando métodos e processos que permitam rápida caracterização e documentação do acervo, e maior acessibilidade aos ricos dados existentes nas coleções.

Introdução: desenvolvimento da sistemática, com ênfase na situação do Brasil

Mais de um milhão e meio de espécies viventes já foram descritas e nomeadas, entre organismos diversos como animais, plantas, bactérias, amebas, e no entanto isso representa somente pequena fração do total existente, estimado entre cinco e cem milhões de espécies. Mesmo entre as já descritas e minimamente caracterizadas, em muitos casos não se conhecem dados importantes como hábitos de vida, anatomia, distribuição geográfica, possível utilidade para o homem, tolerância ou vulnerabilidade à alterações ambientais. Embora o nome de um organismo seja fundamental, muito mais importante é a informação existente e que pode ser recuperada através do nome. Isto é, o nome da espécie permite a indexação do conhecimento, a sumarização da informação disponível sobre cada organismo nomeado.

O grau de conhecimento da biodiversidade não é igual em todas as partes do mundo. A região neotropical é a mais rica em espécies, e o Brasil detém cerca de 20% do total de espécies do planeta. Das 25 famílias de angiospermas endêmicas da região neotropical listadas por Smith et al. (2004), apenas 11 não estão representadas no Brasil. Mas, como país em desenvolvimento, ainda tem por realizar muito esforço nas tarefas de descobrir, nomear, descrever os caracteres morfológicos, conhecer a biologia, ecologia e distribuição geográfica da maioria das espécies existente em seu território. A urgência desse empreendimento fica mais evidente diante do rápido declínio da biodiversidade em decorrência da ação dramática do homem sobre os vários ecossistemas. A formulação de políticas e estratégias de conservação biológica e de desenvolvimento sócio-econômico sustentável depende do acesso facilitado a informações sobre biodiversidade, e é essa demanda crescente que compete às coleções biológicas e taxonomistas associados atender.

Um objetivo central da Sistemática, além da descrição da diversidade e elaborar um sistema geral de referência, é contribuir para a compreensão dessa diversidade, através do estudo das relações de parentesco entre as espécies. As

classificações resultantes devem refletir a história filogenética e, assim, possibilitar a previsão das características dos organismos atuais, além de recuperar as informações indexadas.

A teoria da Sistemática passou por profundas modificações a partir de 1950, quando o entomólogo alemão Willi Hennig revolucionou o estudo das classificações biológicas. Hennig procurou demonstrar que a classificação dos organismos não deve se basear na semelhança global, mas sim apenas nos atributos que permitirem aferir o parentesco filogenético. A diversidade biológica é resultante do processo de ramificação das espécies ancestrais em espécies descendentes, e só as novidades evolutivas compartilhadas pelos organismos (*sinapomorfias*) permitem recuperar o parentesco de forma segura. Na escola fundada por Hennig, chamada **Sistemática Filogenética** ou **Cladismo**, o axioma fundamental é que a história evolutiva de ancestralidade-descendência dos organismos pode ser reconstruída e representada mediante um diagrama hipotético denominado *cladograma*. Nessa escola, somente os agrupamentos de organismos cuja realidade histórica seja suportada pela observação de pelo menos um caráter no estado derivado (*grupos monofiléticos*) podem ser utilizados na classificação.

Uma classificação biológica que se baseia na filogenia tem muitos mais capacidade de previsão, e possibilita entender a evolução de todos os caracteres, mesmo aqueles não considerados (por terem sido desconhecidos ou ignorados pelo taxonomista), resultando em um sistema de referência mais eficiente. Constitui assim uma classificação mais útil não só para os sistematas mas para os biólogos em geral, e para todos os demais pesquisadores que lidem com a diversidade biológica. Fica evidente, portanto, a grande importância da Sistemática. Toda a ciência básica e aplicada dependem de identificações corretas, que evitem erros, ou gastos inúteis, ou danos sérios. E além disso, um sistema filogenético com alto poder de previsão é muito vantajoso na indicação de rumos para a pesquisa e busca de novos potenciais biológicos.

Ao passo que muitas escolas de Zoologia cedo abraçaram os preceitos da Sistemática Filogenética, infelizmente, é necessário reconhecer que na Botânica houve grande resistência por várias décadas. Apesar de já em 1978 Bremer &

Wanntorp conclamarem os botânicos para o fato de que não seriam monofiléticos a maioria dos grupos taxonômicos então em uso corrente, na academia e na prática persistiu dominando até meados da década de 90 o sistema de classificação de Arthur Cronquist (1981, 1988). Esse renomado sistemata inclusive publicou feroz artigo contra o Cladismo (Cronquist 1987). E tampouco as análises filogenéticas encetadas por Dahlgren et al. (1985) na sistemática das monocotiledôneas tiveram o impacto e aceitação amplos que certamente mereciam. Mesmo assim, trabalhos cladísticos de grande envergadura para o entendimento das relações filéticas em altos níveis hierárquicos nas plantas vasculares foram realizados por Crane (1985), Dahlgren & Bremer (1985) e Donoghue & Doyle (1989).

No Brasil a história não foi diferente. Aylthon Brandão Joly (1976), em texto básico importante para as famílias vegetais representadas no Brasil, adotou o sistema de Engler (da última edição, editada póstumamente por Melchior em 1964). Com a consolidação de primazia do sistema de classificação de angiospermas de Arthur Cronquist (1968, 1981) em escala global, a partir da década de 70, este passou a ser o sistema adotado nas escolas e universidades. Nele se baseia a estrutura dos excelentes livros de Graziela Barroso e colaboradores (1976, 1978, 1980), frutos de uma importante escola de Sistemática no Brasil. Malgrado sejam hoje um tanto anacrônicos na classificação adotada em altos níveis hierárquicos, estes livros persistem sendo extremamente úteis nas caracterizações das famílias e/ou chaves para identificação de gêneros brasileiros.

Só bem mais recentemente, a partir de meados da década de 90, começaram os princípios do Cladismo ser adotados em salas de aula de Botânica no país, e com o aparecimento de uma classificação até nível de ordens, baseada em filogenias moleculares (APG 1998, 2003), e adotada no livro básico de Walter Judd e colaboradores (1998, e em segunda edição revista em 2002), isso tornou-se imperativo em todas as escolas que se considerem atualizadas.

A teoria de Hennig foi sendo aperfeiçoada e ampliada por muitos autores subseqüentes, graças aos avanços nos fundamentos teóricos e às melhorias computacionais. Vários programas foram desenvolvidos para elaborar as árvores filogenéticas e para verificar as modificações de cada caráter (e.g. Farris 1988,

Nixon 1991, Swofford 2000). Dispomos atualmente de metodologia capaz de formular hipóteses testáveis de parentesco, com base no exame de grande número de características de espécies atuais e fósseis. Garantindo-se a qualidade dos dados, pode-se afirmar que quanto mais amplo o número e tipo de caracteres analisados, mais precisa e mais confiável tende a ser a filogenia reconstruída. As autoridades semi-subjetivas em Sistemática foram suplantadas por equipes empregando métodos analíticos em acelerado desenvolvimento e computadores habilitados a empregá-los mais e mais eficientemente.

Assim, a Sistemática Vegetal, que tinha sido longamente tida como “arte mais que ciência”, passou por um verdadeiro renascimento durante os últimos 25 anos. Isso devido primariamente à incorporação da fundamentação teórica e métodos explícitos do Cladismo, e subseqüentemente ao emprego dos dados macromoleculares na reconstrução filogenética, a qual é predicado no reconhecimento dos grupos naturais ou monofiléticos.

Com o advento das técnicas de amplificação e seqüenciamento de nucleotídeos dos genomas nucleares, dos cloroplastos e dos mitocôndrios, a Sistemática entrou na era molecular. No final dos anos 80, tornou-se possível obter seqüências completas de trechos genômicos, e a forma de analisá-las comparativamente adequada foi obviamente o arsenal metodológico da Cladística. Isto é, ao contrário do que muitos proclamam, as técnicas moleculares não revolucionaram os métodos em Sistemática; antes, elas rapidamente se acomodaram aos métodos analíticos previamente existentes e que, eles sim, constituíram revolução paradigmática, como já ressaltou Schuh (2000).

As técnicas moleculares trouxeram vastos conjuntos independentes de dados, e tem havido contínuos avanços na extração do DNA, seqüenciamento de genes, alinhamento de seqüências, e no desenvolvimento de programas computacionais para adequada interpretação dos dados. Em conseqüência da crescente disponibilidade desses métodos, os sistematas têm tido a oportunidade de incorporar aos seus estudos as abordagens macro-moleculares, que não mais ocupam um domínio separado, mas passam a constituir parte integrante das ferramentas utilizadas em Sistemática.

Nesse novo momento, a Sistemática Molecular tem corroborado o monofiletismo de várias famílias, ordens e grupos de hierarquia superior de vegetais por um lado, e apontado pontos críticos ou problemáticos que requerem ampla reformulação dos sistemas de classificação vigentes. O momento atual é, portanto, de grande dinamismo e instabilidade na Taxonomia em diversos níveis hierárquicos, sobretudo nos mais elevados. Porém provavelmente nunca estivemos tão perto de conseguir um sistema de classificação filogenético consistente, que retrate efetivamente as relações de parentesco entre as famílias de angiospermas.

Parece muito óbvia a especial utilidade das abordagens moleculares na análise de relações filogenéticas em altos níveis hierárquicos, que já resultou em novas classificações que, embora ainda pobremente resolvida em certos pontos, são flagrantemente melhores e mais aprimoradas e confiáveis. Esses avanços no conhecimento, associados ao forte desenvolvimento do ferramental metodológico da Sistemática a coloca de novo numa posição chave face a outras disciplinas na Biologia, com crescentes e robustas aplicações em investigações sobre vias biossintéticas e de desenvolvimento, produtos naturais, origens e migrações de linhagens evolutivas, e na conservação. Mais do que nunca a Sistemática é fundamental, necessária e valiosa na Biologia. Em termos simplistas, estudos em sistemática podem indicar quais genomas no reino vegetal devem ser procurados, amostrados e pesquisados para as respostas às questões ligadas à evolução de estruturas físicas e químicas, e sua síntese e ontogenia.

Colocando de outro modo, em plena era da Genômica, persiste a moderna sistemática em suas aplicações e ligações com outras disciplinas; por outro lado, as aplicações da Genômica a um contingente cada vez maior de espécies deverá pautar-se na Sistemática, que por seu turno persistirá baseada fundamentalmente no reconhecimento fenotípico dos organismos na natureza (ver por exemplo Maddison 1996).

As modernas técnicas moleculares representam um recurso rico e poderoso que, ao invés de ofuscar, aumenta a necessidade de conjuntos de dados não-moleculares, de botânicos que possam interpretá-los, e das maneiras de obtê-los, isto é, trabalho de campo, estudos florísticos, coleções de herbário, e os pilares

da taxonomia básica, que são a morfologia e a anatomia. Seqüências e cladogramas são meras ferramentas, é preciso conhecer as plantas para colocar as questões, estruturar a amostragem, selecionar os caracteres (incluindo quais genes analisar), e interpretar os resultados (Maddison 1996). Cladogramas geralmente colocam tantas questões quantas respondem; não há iluminação recíproca se não houver luz vinda de outra fonte.

A Sistemática fornece a matéria prima física e informacional para os conjuntos de dados que sustentam as investigações moleculares e filogenéticas. E isso só pode ser alcançado por meio de grande incremento da atividade taxonômica básica e da pesquisa florística, e de programas de trabalho de campo e organização de coleções melhor conduzidos e acelerados. Uma garantia de produção de uma sistemática robusta baseada em evidências moleculares e filogenéticas depende fortemente na identificação acurada de espécimes, preparação adequada de amostras (fragmentos desidratados em gel de sílica, ou outros), e amostragem cuidadosamente planejada de táxons e/ou populações representando da maneira mais abrangente possível a amplitude geográfica, variabilidade e filogenia do grupo. Monografias e floras são o meio mais eficiente de geração das informações e espécimes necessários, assim como de por em prática os profundos reorganizações filogenéticas atualmente em curso. Os taxonomistas são necessários para executar as diversas alterações nomenclaturais envolvidas em cada caso (Hammel 2001).

Considerando todos esses aspectos, constata-se que no Brasil houve nas últimas décadas grande evolução em certas frentes de pesquisa em sistemática e produção baixa ou pouco expressiva em outras. Muitos projetos florísticos de grande monta foram encetados, seja demarcados com base em unidades geopolíticas, seja baseados em ecossistemas, ou unidades de conservação ou unidades geográficas. No primeiro caso, podem ser citadas a Flora Ilustrada Catarinense, iniciada em 1962 (Reitz 1965-), a Flora Ilustrada do Rio Grande do Sul (Schultz 1974-), a Flora de Goiás (Rizzo, 1981-), a Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo (Wanderley et al. 2001-), todas elas ainda incompletas mas em andamento. Nas outras categorias, são bem mais numerosos os trabalhos e áreas cobertas, indo desde compactas listas florísticas e manuais gerais até livros ou artigos detalhados sobre cada família de plantas, com chaves, descrições,

ilustrações e mapas. Esses projetos têm o grande mérito de terem envolvido colaboração de numerosos pesquisadores e de terem na maioria constituído etapa marcante na formação de novos recursos humanos, pela atuação de alunos de iniciação, aperfeiçoamento, mestrado e doutorado. O grande volume de informação acumulada com todos essas explorações florísticas envolveu importantes avanços no conhecimento da taxonomia dos grupos tratados, com intensa melhoria do estado de conhecimento da morfologia, anatomia, biologia e fenologia das plantas, e expansão e detalhamento do mapeamento geográfico e das preferências ecológicas de cada táxon. Muitas coleções biológicas no país todo tiveram incremento considerável, em decorrência de projetos dessa natureza, podendo-se afirmar que em certos casos o herbário local como um todo foi constituído dessa forma. Esse vasto arsenal de informações precisa ser tratado e tornado disponível em maior alcance, sob a forma digital: muitas delas estão um tanto dispersas na literatura, ou, no que tange as coleções, são de difícil acesso pelas distâncias neste país de dimensões continentais, e pelas restrições de custo de remessa.

Por outro lado, no plano das revisões taxonômicas, monografias e estudos filogenéticos, embora também tenha havido crescimento e melhoria na qualidade, a produção foi bem menos expressiva, pelo menos até certo ponto como decorrência da maior dificuldade e maior demanda de tempo para a conclusão desses tipos de trabalho, em relação aos de cunho florísticos. Talvez sintomático dessa situação seja o fato de apenas três das 90 monografias já publicadas na série Flora Neotropica terem sido publicadas por brasileiros e o início de emprego de métodos cladísticos somente a partir de 1990. Para que a pesquisa taxonômica no país passe para um nível mais aprimorado e alcance repercussão internacional, urge que se incorporem, ao labor do sistemata brasileiro, contínuos esforços visando à investigação sistemática de caráter mais abrangente e aprofundado, preferentemente envolvendo emprego de filogenias. Deve ser valorizada aqui a forte diversificação das fontes de evidência taxonômica que efetivamente passaram a ser empregadas no país desde os anos 80, com crescente integração com outras áreas de pesquisa e usos de técnicas mais refinadas de microscopia eletrônica, citológicas, químicas e moleculares. É

também muito promissor o fato de as novas gerações de mestres e doutores estarem majoritariamente imbuídas do paradigma cladista.

Importância da Sistemática Moderna na Conservação:

Os estudos em Sistemática e as coleções botânicas acumulam volume inestimável de dados valiosos para o avanço da ciência e também para conservação. Trabalhos florísticos, desde que pautados em análises taxonômicas e filogenéticas consistentes que incorporem dados geográficos, podem direcionar a conservação de modo mais avançado. Dados sobre distribuição geográfica, preferências de habitat e estrutura populacional de grupos de organismos permitem identificar centros de endemismo e de diversidade, assim como espécies raras e/ou ameaçadas. Esse constitui o arsenal de informações fundamental para estabelecimento de prioridades para conservação.

As atuais árvores filogenéticas podem estabelecer outro nível de informação e análise para maximização a conservação da diversidade genética que é em si a base da biodiversidade. Face à crescente destruição dos habitats e ameaças de extinção, muitas espécies e certamente algumas famílias e gêneros endêmicos a regiões restritas podem estar desaparecendo antes mesmo que tenhamos noção de suas propriedades químicas e processos de desenvolvimento e regulação. Considerando que não podemos salvar de forma realista todas as áreas naturais da destruição, estudos filogenéticos podem representar opção inteligente que nos permitirá conservar áreas detentoras de diversidade genética mais alta, e portanto de diversidade taxonômica. Eles ainda possibilitam identificar espécies significativas do ponto de vista evolutivo, cujo DNA deva ser estocado em bancos de germoplasma, que complementariam os esforços existentes de criação de bancos de DNA para espécies raras e ameaçadas.

Porém toda a execução e interpretação dos esforços em busca de dados taxonômicos consistentes e de filogenias robustas e suas aplicações na conservação biológica continuarão sendo baseados em trabalho de campo e no conhecimento botânico tradicional acumulado.

Evolução recente da integração da Sistemática com outras disciplinas:

Outro aspecto que passou por evolução qualitativa na última década foi a integração crescente em interfaces de atuação do sistemata com pesquisadores de outras áreas. Além do incremento de uso de dados de outras fontes além da morfologia pela taxonomia, dados esses muitas vezes obtidos em colaboração com laboratórios não intrinsecamente ligados a herbários, parece ter havido uma maior abertura e acessibilidade dos procedimentos taxonômicos normais para a comunidade científica e leiga como um todo.

Uma série de sítios da rede mundial (www) atualmente estabelecem ligação mais efetiva da Sistemática vegetal com outras disciplinas. Até recentemente, mesmo um “nome correto” de uma planta ficava no domínio de um grupo relativamente limitado de especialistas, porém agora a comunidade científica como um todo tem acesso muito mais facilitado aos nomes aceitos e sinônimos taxonômicos. É possível examinar as mais recentes proposições filogenéticas e a literatura concernente; é possível buscar mais facilmente os membros mais próximamente relacionados a um dado táxon, e/ou representantes de um dado grupo numa dada área geográfica; é possível localizar botânicos e especialistas em um grupo taxonômico trabalhando numa dada região.

Merecem destaque entre os sítios mais úteis:

Index herbariorum (<http://www.nybg.org/bsci/ih/ih.html>) – continuamente atualizado;

TROPICOS (<http://mobot.mobot.org/W3T/Search/vast.html>) – provê nomes aceitos, autores, publicações de táxons.

IPNI - *International Plant Names Index* (<http://www.ipni.org/index.html>) – integra os índices do RBG-Kew, Harvard University e Australian National Herbarium, trazendo nomes e a bibliografia básica associada, de todas as espermatófitas.

Angiosperm Phylogeny Website (<http://www.mobot.org/MOBOT/Research/APweb>) – em constante reformulação, apresenta as mais recentes evidências de realinhamento em filogenia de angiospermas e a literatura associada.

Diversity of Life Dot Org (<http://www.plantsystematics.org/javatree.htm>) – traz filogenias recentes de grandes grupos de plantas e animais.

No Brasil, a página *Taxonomia no Brasil* (<http://www8.ufrgs.br/taxonomia>), vinculada à Sociedade Botânica do Brasil, apresenta dados atualizados de todos os herbários brasileiros e dos pesquisadores especializados em cada grupo taxonômico.

Papel das coleções biológicas na Sistemática: o Herbário ontem, hoje e amanhã

Em suma do que se tratou até aqui, apesar de utilizar a morfologia externa como base para descrição dos táxons, o taxonomista moderno utiliza-se também de outras ciências, tais como a citologia, anatomia, embriologia, ecologia, genética, química, além dos computadores e dos mais requintados instrumentos ópticos e de precisão, visando resolver os problemas taxonômicos existentes. Assim, o **taxonomista deve ser um cientista de campo e laboratório**, e o que é mais importante, **ele precisa trabalhar associado a uma coleção de espécimes consistente e integrado a grupos com outros conhecimentos**, utilizando portanto a metodologia inerente a cada um deles.

O apoio fundamental para as pesquisas em Sistemática persistem sendo as coleções biológicas, os Herbários no caso da Botânica. Essas coleções biológicas constituem acervos museológicos de inestimável importância para todo e qualquer trabalho de pesquisa relacionado a aspectos da diversidade, estrutura, classificação, distribuição e relações de organismos vegetais. Qualquer pesquisa séria envolvendo seres vivos necessita de correta identificação científica do material em foco, além da adequada documentação com espécimes-testemunha (“vouchers”), que devem estar depositados em museus passíveis de consulta, que são os herbários no caso de coleções botânicas.

Um herbário aparentemente constitui um acervo simples. Consta de amostras de plantas desidratadas montadas sobre cartolina e devidamente rotuladas e identificadas, ou guardadas em pequenos envelopes (como as briófitas) ou

conservadas em meio líquido em frascos (caso de certos grupos especiais como cactáceas, muitos fungos e algas microscópicas). Geralmente tem associadas a acervo principal coleções acessórias como **Carpoteca** (coleção de frutos secos), **Xiloteca** (coleção de madeiras), **Fototeca** (coleção de fotografias de espécimes de outros herbários, notadamente tipos nomenclaturais), muitas vezes também uma **biblioteca** com a literatura taxonômica essencial.

Apesar de simples, o herbário se presta a uma elaboração considerável na medida em que os propósitos para os quais é utilizado podem ser expandidos e refinados. Tais propósitos são sintetizados a seguir, segundo Forman & Bridson (1991), e eles exigem esforços crescentes de conhecimento botânico e capacidade organizacional dos curadores e pesquisadores associados:

1. **Um acervo de material de referência.** Isso requer estrutura adequada para a conservação dos espécimes, e uma forma simples de indexação ou catalogação (por exemplo a ordem alfabética) que possibilite pronto acesso a eles.
2. **Um sistema provedor de identificações taxonômicas,** através da comparação de amostras indeterminadas com espécimes identificados arquivados na coleção. Para que esse processo seja viabilizado é necessário que as identificações sejam providas por especialistas tanto quanto possível. Assim, o herbário e seus pesquisadores provêm identificações de plantas aos pesquisadores e mesmo leigos que precisem destas informações na elaboração de trabalhos técnicos e científicos.
3. **Um acervo de arbitragem de nomes corretos.** Muitos trabalhos botânicos, floras e manuais já publicados geralmente apresentam dados desatualizados ou até nomes inválidos segundo as normas nomenclaturais. Assim o herbário pode atuar como mantenedor de padrões nomenclaturais, desde que a curadoria envide esforços permanentes para manter os nomes dos espécimes atualizados com trabalhos revisionais recentes, para manter uma boa coleção de tipos nomenclaturais, e para organizar intercâmbio de espécimes com outras instituições.

4. **Um banco de dados abrangente.** As coleções de um herbário devem representar plenamente a diversidade e distribuição geográfica dos organismos de modo amplo ou para floras regionais. Muitos herbários de grande porte inclusive requerem um arranjo geográfico superposto ao arranjo sistemático dos espécimes.

Um acervo bem trabalhado em todos os aspectos precedentes representa fonte inesgotável de dados para uma variedade de trabalhos científicos.

As coleções botânicas e a Sistemática associada no Brasil – situação atual, limitações para o crescimento e prerrogativas para aprimoramento.

Considerando as 4 propriedades discutidas no tópico anterior como as fundamentais de um Herbário, passaremos a analisar sob cada aspecto o estado em que se encontram as instituições brasileiras, fatores causais ou impeditivos de desenvolvimento, e os esforços que devem ser feitos para alteração dos quadros. Grande parte dessas preocupações e necessidades foram já apontadas pelos vários colaboradores nos livros editados por Lewinson & Prado (2002) e por Peixoto (2003).

1. **Acervo de material de referência.** O Brasil tem 114 herbários ativos e 5 sem informações atualizadas. Apenas 73 estão registrados internacionalmente no Index Herbariorum (Holmgren et al. 2002). Apenas 13 deles têm acervos com mais de 100.000 espécimes, e a maioria tem amplitude de representação essencialmente regional. Estudos feitos apontam para inexistência de estrutura adequada para a conservação dos espécimes na maioria dos herbários brasileiros, e pessoal técnico insuficiente para manter o ritmo de inclusão de material acompanhando o ingresso por coletas e/ou permuta e doação (e.g. Barbosa & Peixoto 2003). Os herbários brasileiros estão ligados a museus ou universidades e faculdades, e funcionam freqüentemente como centro ativos de treinamento e formação de recursos humanos em Botânica, especialmente em Sistemática. Assim, sempre há um volume considerável de material dando entrada no acervo. Porém, a simples atividade de registro e catalogação dos

espécimes ingressando costuma estar muito defasada, por falta de pessoal técnico, impossibilitando o pronto acesso a eles.

No caso de um país detentor de uma das floras mais ricas do globo, com uma alta diversidade específica (estima-se um vulto da ordem de 60.000 espécies, apenas de angiospermas, para o Brasil), a importância do incremento das coleções é inquestionável. Dos 2,5 a 3 bilhões de amostras que se estima existir depositadas em coleções biológicas do mundo todo, os acervos brasileiros detêm apenas cerca de 30 milhões de amostras, correspondendo a 1% do total. Em relação às coleções botânicas, o total de espécimes guardados em todos os herbários brasileiros perfaz pouco mais de 5 milhões. Isso é muito pouco representativo se forem comparados os montantes anteriores com a megabiodiversidade do país, tornando óbvia a necessidade de realização de mais coletas intensivas e extensivas. Pouco se sabe sobre a composição florística de vastas extensões do nosso território, e também o conhecimento sobre os vários aspectos da sistemática e filogenia da maioria dos grupos de plantas neotropicais está ainda muito aquém do ideal, sobretudo mediante as crescentes taxas de destruição dos habitats naturais.

É conveniente, então, elaborar programas de inventário florístico e de coleta bem planejados e articulados, que busquem otimizar uma conciliação entre as necessidades de busca de táxons específicos necessários aos estudos de revisão e monografias e as prioridades de exploração de áreas ameaçadas ou pouco visitadas historicamente.

Além do incremento das taxas de coletas e organização de coleções, há que se atentar com especial cuidado para a adequada conservação das mesmas, para que permaneçam indefinidamente em perfeiras condições e permitam a realização de estudos científicos em várias abordagens. Numa situação ideal, os grupos indo a campo deveriam considerar preparar não só das amostras para exsicatas mas também material conservado em meio líquido e em gel de sílica, pelo menos nos casos onde haja pesquisadores trabalhando com o grupo taxonômico em questão. Deve competir à coordenação dos projetos de pesquisa e programas de coleta manter atualizado um banco de informações atualizado

sobre taxonomistas e outros pesquisadores interessados em receber material de cada grupo taxonômico.

2. Um sistema provedor de identificações taxonômicas confiáveis. Muitos acervos brasileiros atendem razoavelmente bem a essa função, permitindo sobretudo a identificação por comparação de amostras indeterminadas coletadas no estado ou região onde fica a instituição. Para espécimes procedentes de regiões mais afastadas do próprio país, isso já constitui problema grave na maioria dos herbários brasileiros. Porém aqui a restrição mais séria é sem dúvida atinente ao estado de identificação do acervo:

confiabilidade baixa - predominam determinações não feitas por especialista ou estudioso do grupo;

desatualização - mesmo material identificado por especialistas precisam de revisões periódicas, em geral a cada década, ou sempre que alguma monografia relevante é publicada;

material não identificado – alta proporção de espécimes *incertae sedis* em quase todas as famílias, ou mesmo sem catalogação por família.

Para reverter essa situação, é preciso prover meios aos curadores e corpo técnico dos herbários de viabilizar o provimento de boas identificações. Eles devem poder remeter regularmente materiais para especialistas tanto quanto possível. Idealmente duplicatas são remetidas como doação (menor custo por serem mais leves e não demandarem da instituição receptora qualquer esforço além do envio das identificações por correio). Devem também estar capacitados a atualizar as determinações de espécimes citados nas monografias e revisões publicadas continuamente.

Aqui é preciso envidar esforços para que se crie ou se fortaleça no taxonomista brasileiro o hábito de prover identificações quando demandado. Tratando das equipes internas a cada instituição detentora de coleções, deve-se imbuir cada taxonomista da missão de atuar como curador. A exemplo do que acontece nas instituições de pesquisa do primeiro mundo, a figura do Diretor é que gerencia o rotina e a política do herbário (geralmente apoiado por um Conselho de

Curadores nas instituições maiores), mas todo pesquisador a ele associado atua fazendo curadoria de um setor ou ao menos do grupo em que é especialista.

3. Um acervo de arbitragem de nomes corretos. A manutenção de padrões nomenclaturais pelo herbário depende primariamente, como já tratado no tópico anterior, de a curadoria envidar esforços permanentes para manter os nomes dos espécimes atualizados com trabalhos revisionais recentes. Por outro lado, existem outras formas de alcançar aprimoramento nesse aspecto, e uma estratégia excelente é estabelecer e manter ativo o **intercâmbio de espécimes com várias outras instituições**. Os curadores e dirigentes de herbário precisam dispor de recursos para tanto: pessoal técnico habilitado a manter os trabalhos de seleção do material a ser permutado, preparação de guias de controle de remessa, empacotamento adequado do material; verba para realizar essas atividades com regularidade.

É necessário também que se estabeleçam critérios para a seleção e controle do material sendo permutado, evitando duplicação do envio e mantendo o perfil da remessa adequado às necessidades da instituição receptora. Por exemplo, não se envia a um herbário detentor de coleção marcadamente regional espécimes de áreas remotas dali.

Convém lembrar uma vantagem inerente ao sistema de intercâmbio constante: na medida em que cada coleção tem duplicatas distribuídas por outros herbários, aumentam grandemente as possibilidades de que sejam examinadas por outrem e apareçam citadas entre o material estudado das monografias, sinopses e revisões publicadas.

4. Um banco de dados abrangente. As coleções dos herbários brasileiros necessitam ainda preencher bem os quesitos anteriores para poderem constituir bancos de dados efetivamente confiáveis e trabalháveis como tal. Muitas delas detêm acervo que representa com boa acuidade a riqueza em espécies (número) da flora regional. Mas na maioria delas são apenas parciais informações sobre a distribuição geográfica de cada espécie e sua variabilidade morfológica ao longo da área de ocorrência. Frequentemente, faltam mesmo materiais completos de cada táxon, isto é, espécies representadas apenas por exsicatas em flor, ou com

frutos sem sementes. Com o agravante de que em certos casos essas estruturas podem mesmo não ser ainda conhecidas para o táxon. Urge que os programas de coleta e intercâmbio em implementação tenham em vista esses aspectos.

A ambição de informatização dos acervos nacionais teve início já no início dos anos 80, com o Programa Flora CNPq, que lamentavelmente malogrou, talvez porque partisse de bases pouco sólidas e acabou não tendo o engajamento pleno dos taxonomistas e continuidade de subsídio. Em seguida, muitos herbários passaram a adotar programas e mecanismos em busca de automação das coleções, mas de maneira individualizada.

Obviamente, é necessário que as coleções biológicas passem por um processo de readequação tecnológica e gerencial, incorporando novos métodos e processos que permitam a rápida caracterização e documentação do acervo. Devem ser também implementados procedimentos que permitem o rastreamento do processamento das amostras e informações associadas.

Num nível extra-institucional, é preciso um sistema que possibilite integrar e agregar os dados de diversos acervos nacionais, de modo a prover uma base de conhecimento sólida sobre a biodiversidade brasileira. Tal sistema deverá idealmente ampliar o acesso a informações sobre biodiversidade, atualmente dispersas e, com raras exceções, não disponíveis na forma digital. Em paralelo à modernização preconizada das coleções de herbário no país, propõe-se a elaboração de uma política que leve à consolidação de uma rede de informação integrada de acesso livre e aberto.

Na elaboração das etapas de automação dos acervos, cabe analisar as necessidades e objetivos de cada herbário. Fazer o trabalho por etapas sucessivas, avaliando constantemente as falhas e benefícios de cada atividade e resultado obtido. Começar pela informatização das coleções de tipos nomenclaturais e disponibilização dos dados incluindo imagens na rede mundial deve ser meta prioritária e que atenderia melhor às demandas de pessoal de outras instituições.

Uma recomendação que certamente deverá ser feita é que seja adotado programa que permita compatibilidade e exportação de dados com os sistemas

de referência já implantados. Recomenda-se empregar o sistema BRAHMS (Filer & Hughes 2003) de forma corporativa para todo o projeto.

Sobretudo, deverá ser garantida também alta **qualidade dos dados digitalizados**. Isso será alcançado confiando a tarefa de digitação e preparo de imagens a pessoal minimamente treinado no manuseio e interpretação correta das informações constantes nos espécimes. Esse tipo de técnico habilitado é ainda capaz de detectar eventuais problemas como erros de grafia, localidade ou identificação, e de fazer as conferências pertinentes com índices de nomes corretos e gazeteers. Nesse contexto, deve-se também priorizar a informatização das coleções que se encontrem em bom estado de identificação, por exemplo, de famílias com especialistas na própria instituição ou que tenham sido recentemente revisadas por especialista.

É desejável a elaboração de uma proposta de **Herbário Virtual**, delineando-se bem o tipo de imagens e informações associadas que conterà. Num primeiro momento, as imagens de tipos devem ser priorizadas, e em etapas posteriores, imagens de espécimes selecionados representando espécies visando facilitar o trabalho de identificação. Aqui caberá discutir se dará procedimento à digitalização de todo o acervo, ou apenas de algumas amostras por táxon (seja ilustrando floras regionais ou famílias). As vantagens da produção de imagens de todo o acervo, embora em primeira análise possa parecer mais trabalhoso, são: não necessidade de definição de critérios de seleção de quais amostras fotografar; a própria digitação dos dados nas planilhas poderá ser feita a partir das imagens, diminuindo o manuseio das amostras e assim preservando-as em melhor estado; possibilidade de exercer certas atividades de curadoria e atendimento a requisições e consultas via imagens; eventual identificação de material uncatado sem envolver envio como empréstimo a especialista.

Do lado dos recursos humanos especializados, é notória a importância que tiveram os trabalhos pioneiros de coleta de taxonomistas que na primeira metade do século XX, em suas instituições, montaram inicialmente uma excelente coleção de referência para uma dada família ou para a flora de um dado ecossistema ou região brasileiros, trabalho continuado por seus seguidores. Geralmente, onde nas instituições onde isso se deu, houve natural estímulo e viabilização de

posterior diversificação e refinamento das pesquisas de grupos ainda hoje ativos, envolvendo além do conhecimento taxonômico e florístico a ecologia, fisiologia, bioquímica, genética e biologia molecular dos organismos envolvidos.

Em muitos casos, verifica-se da mesma forma a crescente importância do papel dos acervos no desenvolvimento e geração de novos horizontes em pesquisa botânica, que por seu turno têm dado novo impulso ao próprio acervo, levando à sua diversificação e enriquecimento: muitas tornam-se coleções sem igual no mundo, tanto no tocante à flora de uma região específica como para algumas famílias específicas. Deve-se destacar ainda o papel atuante de correntes projetos de levantamentos de flora, em desenvolvimento com subsídio de fontes variadas, algumas vezes através de esforço conjunto das várias instituições botânicas associadas.

As linhas de pesquisa que têm grande relação com os herbários podem levar ao fortalecimento do vulto e qualidade das coleções, ao dinamismo dos programas de intercâmbio, à geração de numerosos estudos. Concomitantemente, podem e têm permitido o aumento e melhoria da produção científica dos grupos ligados ao herbário, e ainda a intensificação da formação de recursos humanos, especialmente mestres e doutores de alto nível.

Por todas essas razões, é plenamente justificável e necessário o apoio à capacitação e modernização da infra-estrutura dos Herbários nacionais. Apenas com apoio de um acervo bem estruturado, rico e adequadamente preservado, poderão os grupos de pesquisa envolvidos:

- angariar maior confiabilidade para continuar dispondo de acesso irrestrito às coleções clássicas de herbários estrangeiros;
- continuar ampliando as coleções, com documentação da variabilidade e distribuição das espécies da flora brasileira e neotropical, ou das famílias de especialidade dos taxonomistas residentes;
- desenvolver plenamente trabalhos de sistemática (incluindo filogenia) em condições de igualdade aos das melhores escolas internacionais.

- garantir o caráter duradouro das coleções, por muitas décadas futuras, condição *sine qua non* de qualquer acervo museológico.

Papel do Taxonomista no Brasil:

Ante a fascinante diversidade da flora neotropical, o botânico brasileiro de hoje persiste ainda numa situação de paradoxo: tem disponível de um lado uma série de dados detalhados sobre muitas espécies de plantas, indo da morfologia externa à ultra-estrutura e composição micro ou molecular, porém de outro lado o alto grau de desconhecimento acerca de muitos aspectos de certos táxons, ou de regiões naturais inteiras sub ou inexploradas, com o agravante de muitas estarem sendo destruídas em ritmo vertiginoso, pouco controlado.

Nesse contexto, urge que esse profissional concilie duas facetas do labor: a exploratória, de campo, trazendo dados complementares aos táxons conhecidos ou descrevendo as plantas ainda desconhecidas, documentando sua distribuição e ecologia geral; e a de pesquisa em busca da definição clara das homologias nos caracteres (das mais variadas fontes), visando aprimorar a classificação com base em hipóteses de filogenia consistentes.

Conciliando sua pesquisa nessas duas linhas, o taxonomista estará contribuir ativamente para o enriquecimento e diversificação dos acervos botânicos, para o aprimoramento da sistemática do(s) grupo(s), para a produção de sinopses ou monografias que facilitem o acesso às informações básicas sobre os táxons de cada família por outros pesquisadores, geralmente dispersas e a partir dali reunidas, e de maneira geral, para subsidiar os esforços de melhor conhecimento da flora brasileira e de sua conservação e manejo adequado.

Propostas de curto, médio e longo prazo de definição de diretrizes e estratégias visando a ampliação e a modernização das coleções botânicas do país:

Meta 1 - Adequado tratamento dos acervos:

Estratégias e ações:

3 anos: dotação de sistema de controle termo-higrométrico em todos os herbários cadastrados no sistema (estabelecer mínimo de um por unidade da federação);

-realização de expurgo com fosfeto de alumínio ou desinsetização mínima, dependendo do tipo de acervo;

-dotação de infra-estrutura física (armários compactados deslizantes sobre trilhos permitem otimização da capacidade de armazenamento nos espaços disponíveis), para ampliar e manter as coleções;

-dotação de pessoal técnico suficiente para manter as tarefas rotineiras do herbário, sendo o número de técnicos dimensionado proporcionalmente ao tamanho do acervo e da equipe de pesquisadores (no mínimo 1 técnico processador de material – montagem de exsicatas, preparo de rótulos, registro e inclusão, apoio em expedição de coletas);

-concretizar um desenho básico de projeto de **Herbário Virtual**, que vá gradativamente integrando as coleções brasileiras, mas que na primeira etapa poderá restringir-se a dotar cada acervo de câmera digital e arsenal para armazenamento imageico, e iniciar a tomada de imagens das coleções selecionadas (ver Meta 2).

-início ou continuidade da automação das coleções por meio preenchimento das planilhas eletrônicas do sistema BRAHMS (Filer & Hughes 2003) a partir das imagens tomadas;

-no caso de instituição com biólogo ou taxonomista engajado ao plano presente mas sem herbário ou com herbário incipiente sem infra-estrutura que permita as etapas acima, prover meios de que o pesquisador processe suas coletas e as deposite em herbário regional maior.

5 anos: garantia de subsídio para realização regular de expurgo (bianaual em herbários da região sul, anual nos demais);

-garantir contrapartida de cada instituição através de contratação do pessoal técnico treinado no presente projeto nas primeiras etapas supra-descritas;

-instalação de espaço físico adequado e suficiente para acondicionamento das coleções, incluindo material conservado em meio líquido e em gel de sílica;

-iniciar um trabalho curatorial baseado nos bancos de imagens (Herbário Virtual), centrado em 2 procedimentos essenciais: 1. comparação do estado de identificação das amostras em cada acervo, verificando aquelas que têm duplicatas atualizadas em outros herbários; 2 envio de imagem a especialista solicitando determinação nos casos em que isso é possível;

-avaliar andamento dos trabalhos de informatização do acervo, incluindo bancos de imagens;

10 anos: garantir continuidade de todas as etapas de trabalho técnico de conservação das coleções e de curadoria;

-extrapolar o modelo, após avaliação do que foi bem sucedido, para todos os demais herbários nacionais.

Meta 2 – Diversificação e aprimoramento científico dos acervos, incluindo aquisição de material sub-celular:

3 anos: fornecer subsídios para o estabelecimento ou incremento de sistemas de doação (em troca de identificação) ou intercâmbio entre herbários nacionais;

-dotar os herbários ou bibliotecas associadas de literatura taxonômica fundamental;

-viabilizar a realização de viagens de especialistas brasileiros até herbários diversos para atualização das identificações e verificação de coleções *incertae sedis*; priorizando-se os grupos mas ricos no acervo e/ou com maior proporção de coleções indeterminadas;

-produção de listas florísticas simples (baseadas no acervo já disponível) e/ou relatórios de mapeamento de coletas na região a que pertence cada herbário já dotado de base de dados suficiente, de forma a (re)direcionar as buscas e expedições planejadas nos projetos descritos a seguir;

5 anos: implantação dos projetos de coleta e pesquisa, o esforço de coletas devendo ser maximizado com o obtenção de material conservado em meio líquido para estudos anatômicos e em gel de sílica para extração de DNA com vistas à filogenia;

-publicação de resultados parciais (descrição de novos táxons, divulgação de estudos morfológicos e anatômicos parciais; relatos de novos registros de ocorrência relevantes para a história ou biogeografia do grupo taxonômico, etc.); ressalte-se que a produção científica de mérito garantirá a continuidade de subsídio por parte das agência de fomento;

-produção de listas florísticas e/ou relatórios de mapeamento de coletas nas regiões a que pertencem os herbários engajados, de forma a redirecionar os destinos e períodos das buscas e expedições ulteriores.

-dar continuidade à realização de viagens de especialistas brasileiros até herbários diversos para atualização das identificações e verificação de coleções *incertae sedis*;

-avaliação dos procedimentos bem sucedidos.

10 anos: continuidade dos projetos e início de outros na mesma linha;

-publicação de resultados integrados e de larga escala;

-dar continuidade à realização de viagens de especialistas brasileiros até herbários diversos para atualização das identificações e verificação de coleções *incertae sedis*;

-avaliação dos sucessos e prejuízos;

-prover meios de envolver todos os herbários nacionais que porventura ainda não estejam engajados nessas atividades.

Meta 3 - Capacitação de pessoal para a lida com os acervos

Estratégias e ações:

3 anos: incluir realização de estágios e cursos de treinamento setorizados para o pessoal técnico que trabalhará nas atividades rotineiras do herbário (manuseio, digitalização, tomada de imagens);

-incluir em todos os projetos descritos nas Metas 2 e 4 formas de envolvimento dos alunos participantes, sobretudo os de mestrado e doutorado, em etapas de manejo e identificação de coleções, treinando-os para curadoria e formando novos estudiosos em taxonomia;

5 anos: possibilitar envolvimento do próprio pessoal técnico no fornecimento de novos cursos de treinamento a para o pessoal técnico de outros herbários da mesma região;

-iniciar formas de treinamento de pessoal técnico apto a executar parte do trabalho curatorial baseado nos bancos de imagens descrito na Meta 1.

-manter em todos os projetos descritos formas de envolvimento dos alunos participantes, sobretudo os de mestrado e doutorado, em etapas de manejo e identificação de coleções, treinando-os para curadoria e formando novos estudiosos em taxonomia;

10 anos: realização de novos cursos e estágios, com etapas aperfeiçoadas utilizando as experiências anteriores, e início de outros na mesma linha;

-avaliação das ações bem sucedidas e insatisfatórias.

Meta 4 – Estabelecimento de projetos institucionais e inter-institucionais que estimulem coleta e dinamização dos acervos

Estratégias e ações:

3 anos: -elaboração de um plano estratégico detalhado para diversificar as coleções, envolvendo fortalecimento da pesquisa, por meio de duas estratégias:

a) projeto institucional, ou auxílio a um pesquisador no caso de herbários menores, que envolva coletas em áreas subexploradas e direcionadas a complementação de material dos grupos de especialidade do pesquisador e seus alunos; o perfil idealizado para projetos dessa linha seriam sinopses de gêneros ou grupos infra-genéricos (seções, subgêneros), revisões de grupos pouco numerosos (até 15 espécies), ou inventários florísticos de áreas reduzidas e próximas;

b) projeto inter-institucional, envolvendo colaboração de pessoal de herbários diversos, em torno de um objetivo comum (como a elaboração de floras estaduais ou estudo integrado da sistemática -incluindo filogenia- de um dado grupo taxonômico), envolvendo coletas em áreas subexploradas e direcionadas a complementação de material dos grupos enfocados. Idealmente, deve-se envolver no projeto pesquisadores associados, por exemplo, anatomistas e pessoal da biologia molecular, que auxiliem na obtenção de dados acurados com vistas à filogenia; cabe lembrar que estudos filogenéticos podem ser realizados em diversos níveis da hierarquia taxonômica, por exemplo, testes de monofilia de táxons tradicionalmente aceitos nas classificações infra-familiares ou infra-genéricas podem ser feitos usando diversos terminais de cada grupo.

Obs. Será necessário dimensionar o número máximo de projetos nas 2 categorias, e, respeitadas as características de mérito, viabilizar a obtenção de financiamento pelas agências de fomento dentro de uma linha maior.

-conclusão de projetos de curta duração (institucionais e individuais), com produção de artigos científicos;

-recomendação de adoção, no âmbito de cada instituição, de políticas e diretrizes voltadas para as coleções botânicas, incluindo: viabilização de programas de expedições, garantia de manutenção dos acervos, absorção e fixação de profissionais nas atividades (sistematas, técnicos de curadoria e de informática), estímulo à pesquisa ligada às coleções, apoio à informatização dos acervos.

5 anos: conclusão de projetos inter-institucionais, com produção de artigos científicos, e consecução de novas abordagens ou de novos projetos em equipe;

-avaliação das ações bem sucedidas, sobretudo das políticas adotadas no âmbito institucional voltadas a coleções.

10 anos: conclusão de projetos inter-institucionais e consecução de novos abordagens ou de novos projetos em equipe;.

Meta 5 - Consolidação de uma rede de informação integrada de acesso livre e aberto.

Estratégias e ações:

3 anos: -dotação de infra-estrutura computacional adequada às dimensões de cada acervo, suficiente para a implantação de todas as etapas previstas nesta e na Metas anteriores;

-viabilizar todas as etapas de automação das coleções, incluindo bancos de imagens;

-produção de chaves interativas e guias florísticos ou de formas de vida notáveis para reservas, parques e outras unidades de conservação relacionados aos estudos dos herbários mais avançados;

-expandir a rede de informação integrada já estabelecida no CRIA, em acesso livre e aberto, para todos os acervos engajados no projeto;

-associar à rede a uma infra-estrutura compartilhada de dados de natureza biológica e ambiental, e outras informações sobre biodiversidade.

-buscar formas de demonstrar que a rede tem capacidade de fazer recomendações que podem levar à ampliação da capacidade do governo e sociedade em responder rapidamente aos desafios associados ao uso dos recursos naturais e seus impactos à biodiversidade.

5 anos: viabilizar todas as etapas de automação das coleções, incluindo integração dos bancos de imagens no Herbário Virtual;

-produção de chaves interativas e guias florísticos ou de formas de vida notáveis para reservas, parques e outras unidades de conservação;

-consolidação da rede de informação integrada de acesso livre e aberto, congregando pelo menos 30% dos acervos nacionais, associada a uma infraestrutura compartilhada de dados e informações sobre biodiversidade.

10 anos: -inclusão na rede de informação integrada de todos os acervos nacionais cadastrados,

-consolidar todo o setor das coleções biológicas, com sua riqueza de informações acuradas e disponibilizadas ao máximo, tendo em vista que esse setor é reconhecidamente estratégico para o avanço da ciência e essencial para que o país cumpra com compromissos agendados com a Convenção da Diversidade Biológica e outras agendas relacionadas à CDB.

Custos estimados:

BIBLIOGRAFIA CITADA

Angiosperm Phylogeny Group 1998. An ordinal classification for the families of flowering plants. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 85: 531-553.

Angiosperm Phylogeny Group 2003. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. *Botanical Journal of the Linnean Society* 141: 399-436.

Barbosa, M.R.V. & Peixoto, A.L. 2003. Coleções botânicas brasileiras: situação atual e perspectivas. In Peixoto, A.L. (org.) *Coleções biológicas de apoio ao inventário, uso sustentável e conservação da biodiversidade*. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Barroso, G.M. et col. 1978. *Sistemática de angiospermas do Brasil*. Vol. 1. Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro.

Barroso, G.M. et col. 1984/1986. *Sistemática de angiospermas do Brasil*. Vols. 2 e 3. Editora da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

Bremer, K. & Wanntorp, H-E. 1978. Phylogenetic systematics in Botany. *Taxon* 27(4): 317-329.

Chase, M. W. *et al.* 1993. Phylogenetics of seed plants: an analysis of nucleotide sequences from the plastid gene *rbcl*. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 80: 528-580.

Crane, P.R. 1985. Phylogenetic analysis of seed plants and the origin of angiosperms. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 72: 716-793.

Cronquist, A. 1981. *An integrated system of classification of flowering plants*. Columbia University Press, New York.

Cronquist, A. 1987. A botanical critique of cladism. *The Botanical Review* 53: 1-52.

Cronquist, A. 1988. *The evolution and classification of flowering plants*. The New York Botanical Garden, New York.

Dahlgren, R. M. T. & Bremer, K. 1985. Major clades of the angiosperms. *Cladistics* 1: 349-368.

Dahlgren, R. M. T., Clifford, H. T. & Yeo, P. F. 1985. *The families of the monocotyledons*. Springer-Verlag. Berlin.

- Doyle, D.A. & Donoghue, M.J. 1986. Seed plant phylogeny and the origin of the angiosperms: an experimental cladistic approach. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 81: 419-450.
- Farris, J.S. 1988. Hennig86 reference manual and computer programme, version 1.5.
- Filer, D. & Hughes, C. 2003. *BRAHMS. Botanical Research And Herbarium Management System. Version 5.* University of Oxford, Oxford.
- Forman, L. & Bridson, D. 1991. *The Herbarium Handbook.* Royal Botanic Gardens, Kew.
- Hammel, B. 2001. The Cutting Edge, vol. VIII, n° 2. <http://www.mobot.org/MOBOT/research/Edge/apr01/apr01lit.html> (abril.2004).
- Holmgren, P.K. & Holmgren, N.H. & Barnett, L.C. 2002. *Index Herbariorum. Part I: the herbaria of the world.* ed. 9. New York Botanical Garden, New York.
- Joly, A.B. 1976. *Botânica. Introdução à taxonomia vegetal.* Melhoramentos, EDUSP, São Paulo.
- Judd, W.S.; Campbell, C.S.; Kellogg, E.A. & Stevens, P.F. 1999. *Plant Systematics. A phylogenetic approach.* Sinauer Associates, Sunderland.
- Judd, W.S.; Campbell, C.S.; Kellogg, E.A., Stevens, P.F. & Donoghue, M.D. 2002. *Plant Systematics. A phylogenetic approach.* Ed. 2. Sinauer Associates, Sunderland.
- Lewinson, T.M. & Prado, P.I. (eds.) 2002. *Biodiversidade Brasileira: síntese do estado atual do conhecimento.* Ed. Contexto, São Paulo. 176 p.
- Maddison, W.P. 1996. Molecular approaches and the growth of Phylogenetic Biology. In Palumbi, J.D. (ed.) *Molecular Zoology: Advances, Strategies, and Protocols.* Wiley-Liss, p. 48-63.
- Melchior, H. 1964. *A. Engler's Syllabus der Pflanzenfamilien.* Ed. 12. Gerbruder Brontraeger, Berlin.
- Nixon, K.C. 1991. *Clados version 1.0.* L.H. Bailey Hortorum, Cornell University, Ithaca.

Peixoto, A.L. (org.) 2003. *Coleções biológicas de apoio ao inventário, uso sustentável e conservação da biodiversidade*. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 237 p.

Reitz, R. (ed.) 1965 - . *Flora Ilustrada Catarinense*. Herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí.

Rizzo, J.A. 1981 - . *Flora do Estado de Goiás*. Editora da Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

Schuh, R.T. 2000. *Biological Systematics*. Cornell University Press, Ithaca.

Schultz, A.R. (ed.) 1970 - . *Flora Ilustrada do Rio Grande do Sul*. Boletim do I.C.B., Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Smith, N., Mori, S.A., Henderson, A., Stevenson, D.W. & Heald, S.V. 2004. *Flowering plants of the Neotropics*. Princeton University Press, Princeton.

Swofford, D.L. 2000. *PAUP*: phylogenetic analysis using parsimony, version 4.0b*. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.

Wanderley, M.G.L., Shepherd, G.J. & Giulietti, A.M. (eds.) 2001 - . *Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo*. HUCITEC, FAPESP, São Paulo.