

Análise cladística de *Oxalis* sect. *Thamnoxys* (Oxalidaceae) baseada em dados morfológicos

Cladistic analysis of Oxalis sect. Thamnoxys (Oxalidaceae) based on morphological data

Maria Carolina de Abreu¹, Marcos José da Silva² & Margareth Ferreira de Sales³

Resumo

O gênero *Oxalis* possui 500 espécies com ocorrência na América e África. Encontra-se dividido em quatro subgêneros e 28 seções, dentre os quais o subgênero *Thamnoxys* (Endl.) Progel, com nove seções e 71 espécies, destaca-se pela complexidade morfológica. No intuito de entender as relações filogenéticas da seção *Thamnoxys* e desta com as demais seções do subgênero, realizou-se uma análise cladística baseada em caracteres morfológicos. Foram incluídos 28 táxons e considerados 72 caracteres morfológicos. A análise resultou em 673 árvores igualmente parcimoniosas com 274 passos. Na árvore de consenso observou-se a formação do grupo monofilético *Oxalis* subgen. *Thamnoxys* tendo como sinapomorfias ausência de bulbos, pecíolos de até 10 cm compr., folhas pinadas (presença de raque foliar), pedúnculo menor que 7 cm compr., pedicelo de até 1 cm compr. e ausência de glândulas no ápice das sépalas. *Oxalis* sect. *Thamnoxys* apresentou-se polifilética e para que este táxon constitua um grupo monofilético é necessária a inclusão das demais seções dentro de *O. sect. Thamnoxys*. Sugerimos considerar o subgênero *Thamnoxys* sem subdivisões já que o mesmo emergiu com alta sustentação de *bootstrap*.

Palavras-chave: Brasil, filogenia, morfologia, Oxalidales.

Abstract

The genus *Oxalis* has 500 species occurring in America and Africa. It is divided into four subgenera and 28 sections, of which the subgenus *Thamnoxys* (Endl.) Progel with nine sections and 71 species, and is distinguished by morphological complexity. In order to understand the phylogenetic relationships of section *Thamnoxys* and with other sections of the subgenus, we carried out a cladistic analysis based on morphological characters. A total of 28 taxa were included and 72 morphological characters were considered. The analysis showed 673 equally parsimonious trees with 274 steps. In the consensus tree was observed the formation of the monophyletic group *Oxalis* subgen. *Thamnoxys* and no bulbs as synapomorphies, petioles up to 10 cm long, pinnate leaves (presence of leaf rachis), peduncle less than 7 cm long, pedicel up to 1 cm and the absence of glands at the apex of the sepals. *Oxalis* sect. *Thamnoxys* presented polyphyletic taxon and the inclusion of other sections within *O. sect. Thamnoxys* will constitute it as monophyletic group. We suggest considering the subgenus *Thamnoxys* no subdivisions as it emerged with high bootstrap support.

Keywords: Brazil, phylogeny, morphology, Oxalidales.

Introdução

Oxalis é o gênero mais representativo dentre os cinco que constituem Oxalidaceae com aproximadamente 500 espécies distribuídas principalmente nos continentes americano e africano (Lourteig 2000). Este gênero teve sua circunscrição alterada por alguns autores,

como Candolle (1824), Saint-Hilaire (1825, 1842), Progel (1877, 1879), Knuth (1930) e Lourteig (1994, 2000), sendo este último o mais abrangente por reconhecer quatro subgêneros: *Oxalis* L., *Thamnoxys* (Endl.) Reiche emend. Lourteig, *Monoxalis* (Small) Lourteig e *Trifidus* Lourteig, subdivididos em 28 seções. Dentre

Este artigo possui material adicional em sua versão eletrônica.

¹ Universidade Federal do Piauí, Campus Sen. Helvídio Nunes de Barros, Ciências Biológicas, 64600-000, Picos, PI, Brasil. mariacarolinabreu@hotmail.com.

² Universidade Federal de Goiás, Inst. Ciências Biológicas, Depto. Biologia Geral, CP 131, 74001-970, Goiânia, GO, Brasil. marcos_agrorural@hotmail.com.

³ Universidade Federal Rural de Pernambuco, Depto. Biologia, Programa de Pós-graduação em Botânica, 52171-900, Recife, PE, Brasil. mfsales65@hotmail.com.

estes subgêneros, destaca-se *Thamnoxyis* pela considerável homogeneidade morfológica, que lhe confere complexidade, apresentando 71 espécies centro e sulamericanas alocadas nas seções *Foliosae* (Progel) Lourteig (5), *Hedysaroideae* DC emend. Lourteig (6), *Holophyllum* Progel (8), *Phyllodoxyis* Endl. (2), *Pleiocarpa* Knuth (1), *Polymorphae* (Prog.) Lourteig (8), *Psoraleoideae* Lourteig (5), *Robustae* (Progel) Lourteig (9), e *Thamnoxyis* (Endl.) Progel (27 spp.). Tal complexidade pode ser principalmente verificada na seção típica, a qual reúne 27 espécies herbáceas, subarborescentes ou arbustivas com flores e cápsulas pendentes. A maioria das espécies (19) ocorre no Brasil, duas são endêmicas de Cuba (*O. pinetorum* (Small) Urban e *O. scoparia* Norlind ex Urban) e seis são restritas aos Andes (Lourteig 1994, Abreu 2011).

Os estudos filogenéticos no gênero *Oxalis* ainda são escassos e, por esta razão, as relações existentes entre os subgêneros e seções são pouco esclarecedoras. Oberlander *et al.* (2004) estudaram as relações filogenéticas na seção *Angustatae* subseção *Lineares* do subgênero *Oxalis* através do seqüenciamento da região não codificante *trnL-F*, e constataram seu parafiletismo. Posteriormente Oberlander *et al.* (2009) realizaram um estudo com 57 espécies de *Oxalis* sul-africanas com sistemas subterrâneos bulbosos utilizando a região nuclear ITS e a região plasmidial *trnL-F* no qual foi verificada a posição basal de *Oxalis* subg. *Thamnoxyis*. Neste estudo a seção *Thamnoxyis* foi representada por apenas uma espécie (*O. barrelieri*) evidenciando a escassez de informações filogenéticas sobre esta seção.

No intuito de contribuir com o conhecimento sobre a filogenia do gênero *Oxalis*, este trabalho objetivou realizar uma análise filogenética de *Oxalis* sect. *Thamnoxyis* através de caracteres morfológicos visando conhecer as relações entre as espécies e entre esta seção e as demais seções do subgênero *Thamnoxyis*.

Material e Métodos

Seleção e amostragem dos táxons

Foram selecionadas 16 espécies brasileiras de *Oxalis* sect. *Thamnoxyis* (Tab. 1). Os grupos externos foram compostos pelas seções *Foliosae* (1 sp.), *Holophyllum* (2 spp.), *Phyllodoxyis* (1 sp.), *Pleiocarpa* (1 sp.), *Polymorphae* (2 spp.), *Psoraleoideae* (1 sp.), e *Robustae* (2 spp.) todas pertencentes à *Oxalis* subg. *Thamnoxyis* conforme Lourteig (1994) e por serem bastante semelhantes

morfologicamente. Além dessas, espécies do subgênero *Oxalis* das seções *Ionoxalis* (1 sp.) e *Pseudobulbosae* (1 sp.) também foram incluídas na análise.

Levantamento de caracteres e tratamento dos dados

Foram levantados 72 caracteres morfológicos, sendo 32 vegetativos (23 binários e nove multiestados) e 40 reprodutivos (38 binários e dois multiestados) (Apêndice 1). Os caracteres foram obtidos a partir do estudo de aproximadamente 2000 exsicatas provenientes dos herbários BHCB, CEN, CESJ, EAC, ESAL, HEPH, HST (não indexado), HTINS, HUEFS, HXBH, IAC, INPA, IPA, LPB, MBM, MBML, MEXU, MOSS, PEUFR, RB, RBR, RUSU, SP, SPF, UB, UEC, UFP, VEM e VIC, acrônimos segundo Thiers (2011), coletas realizadas em diferentes regiões do Brasil (Apêndice 2) e consulta a bibliografia especializada (Knuth 1930; Lourteig 1994; 2000). A padronização da terminologia das estruturas vegetativas e reprodutivas baseou-se em Lawrence (1973) e Radford *et al.* (1974). Os dados levantados foram utilizados para a confecção de uma matriz no programa Nexus Data Editor, versão 5.0 (Page 2001), na qual polimorfismos, dados inaplicáveis (-) e ausência de informação (?) foram tratados conforme codificação usual (Scotland & Pennington 2000) (Apêndice 3).

Análises filogenéticas

Foram conduzidas através do programa PAUP versão 4.0b10 (Swofford 2002), com critério de máxima parcimônia conforme Fitch (1971) e otimizados por *ACCTRAN*, com ramos de comprimento igual a zero colapsados. As árvores iniciais foram obtidas por *stepwise addition* com adição aleatória de seqüência, retendo 10 árvores para cada passo (hold=10). Foi realizada uma busca heurística para as árvores mais parcimoniosas por *branch swapping*, utilizando o algoritmo *tree bisection reconnection* (TBR), com 10.000 replicações, com a opção *MULTREES* em efeito, salvando um máximo de 10 árvores por replicação. Para verificação da confiabilidade dos cladogramas obtidos, foi realizada uma análise de *bootstrap* (Felsenstein 1985) implementada no PAUP de busca heurística com 1000 replicações, com três árvores mantidas a cada passo (hold=3), por *branch swapping*, utilizando o algoritmo *tree bisection reconnection* (TBR) *steepest descent* e *MULTREES* em efeito, salvando 10 árvores

Tabela 1 – Lista dos táxons de *Oxalis sensu* Lourteig (1994, 2000) incluídos nas análises filogenéticas.
Table 1 – List of taxa of *Oxalis sensu* Lourteig (1994, 2000) included in phylogenetic analyzes.

GRUPO INTERNO	GRUPO EXTERNO
<i>Oxalis</i> sect. <i>Thamnoxys</i> Progel	<i>Oxalis</i> sect. <i>Pseudobulbosae</i> Norl.
<i>Oxalis barrelieri</i> L.	<i>Oxalis triangularis</i> A.St.-Hil.
<i>Oxalis cerradoana</i> Lourteig	<i>Oxalis</i> sect. <i>Ionoxalis</i> (Small) Knuth
<i>Oxalis clausenii</i> Lourteig	<i>Oxalis debilis</i> Kunth
<i>Oxalis cratensis</i> Oliver in Hook	<i>Oxalis</i> sect. <i>Foliosae</i> (Progel) Lourteig
<i>Oxalis cystisoides</i> Mart. ex Zucc.	<i>Oxalis densifolia</i> Mart. ex Zucc.
<i>Oxalis diamantinae</i> Knuth	<i>Oxalis</i> sect. <i>Holophyllum</i> Progel
<i>Oxalis divaricata</i> Mart. ex Zucc.	<i>Oxalis alata</i> Mart. ex Zucc.
<i>Oxalis frutescens</i> L.	<i>Oxalis mandioccana</i> Raddi
<i>Oxalis hedysarifolia</i> Raddi	<i>Oxalis</i> sect. <i>Phyllodoxys</i> Endl.
<i>Oxalis hyalotricha</i> Lourteig	<i>Oxalis fruticosa</i> Raddi
<i>Oxalis nigrescens</i> A.St.-Hil.	<i>Oxalis</i> sect. <i>Pleiocarpa</i> Knuth
<i>Oxalis pyreneae</i> Taubert	<i>Oxalis glaucescens</i> Norlind
<i>Oxalis renifolia</i> Knuth	<i>Oxalis</i> sect. <i>Polymorphae</i> (Prog.) Lourteig
<i>Oxalis sellowii</i> Spreng.	<i>Oxalis polymorpha</i> Mart. ex Zucc.
<i>Oxalis sepium</i> A.St.-Hil.	<i>Oxalis rhombeo-ovata</i> A.St.-Hil.
<i>Oxalis suborbiculata</i> Lourteig	<i>Oxalis</i> sect. <i>Psoraleoideae</i> Lourteig
	<i>Oxalis psoraleoides</i> Kunth
	<i>Oxalis</i> sect. <i>Robustae</i> (Progel) Lourteig
	<i>Oxalis cordata</i> A.St.-Hil.
	<i>Oxalis hirsutissima</i> Mart. ex Zucc.

para cada replicação. Uma segunda busca foi feita para filtragem e obtenção das melhores árvores por replicações.

Resultados e Discussão

A análise cladística resultou em 673 árvores igualmente parcimoniosas com 274 passos. Após filtragem, seis árvores retornaram e o consenso destas é mostrado na Figura 1, apresentando IC= 0,3029, IR= 0,4934 e RC = 0,1495. Estes valores estão de acordo com o esperado para filogenias morfológicas, dada a homoplasticidade de muitos dos caracteres morfológicos.

O subgênero *Thamnoxys* mostrou-se monofilético com máxima sustentação (100% de *bootstrap*) e teve como sinapomorfias ausência de bulbos, pecíolos de até 10 cm, folhas pinadas (presença de raque foliar), pedúnculo menor que 7

cm, pedicelo de até 1 cm e ausência de glândulas no ápice das sépalas.

Oxalis sect. *Thamnoxys* mostrou-se polifilética, com três das 16 espécies amostradas em diferentes subclados além da inclusão de espécies pertencentes às outras seções em clado formado em sua maioria por espécies de *O.* sect. *Thamnoxys*. No entanto, a seção *Robustae* emergiu como monofilética, tendo como espécie irmã *O. frutescens* e sustentada pelas sinapomorfias: indumento da planta ferrugíneo, folhas de consistência coriácea, margem das sépalas serreadas e ápice das pétalas emarginado. Da mesma forma, a seção *Holophyllum* mostrou-se também monofilética com 80% de *bootstrap*, tendo como espécie irmã *O. rhombeo-ovata*. Pode-se ainda observar o clado formado em sua maioria pelas espécies do grupo externo, exceto *O. cordata* e *O. hirsutissima*

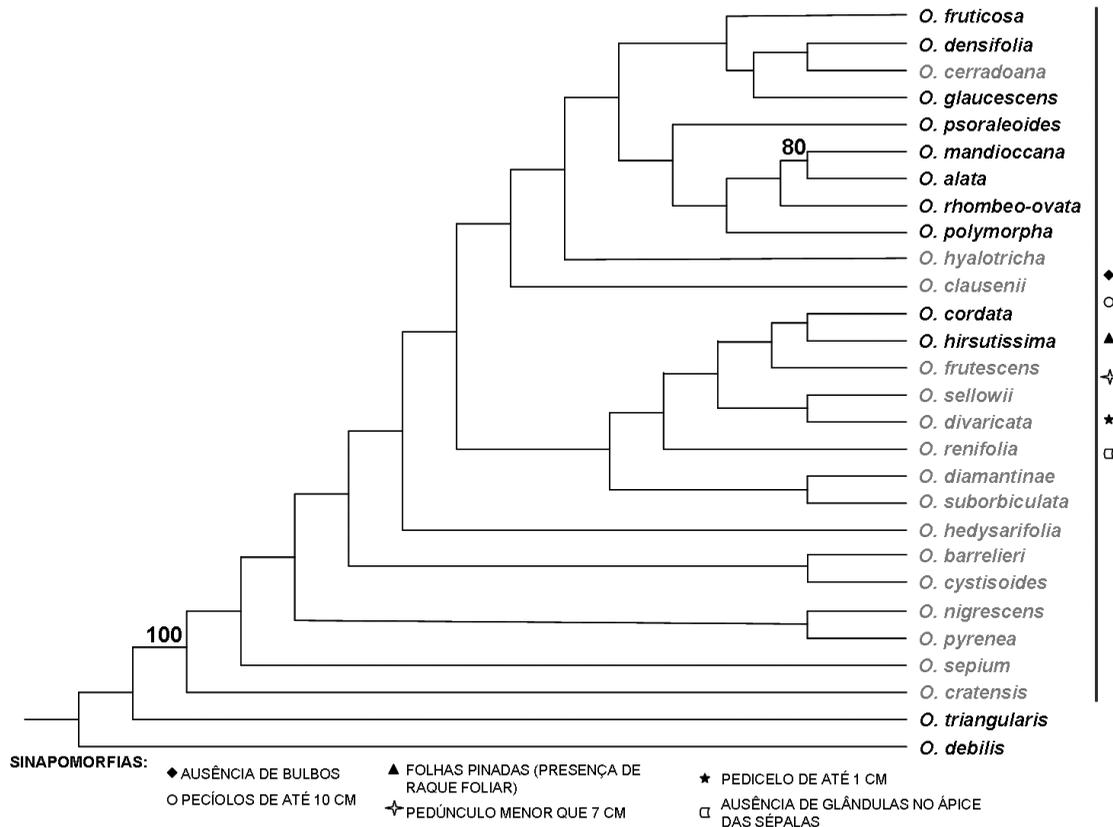


Figura 1 – Árvore de consenso de maioria, resultante da análise de 72 caracteres morfológicos de espécies do gênero *Oxalis*: IC= 0,3029, IR= 0,4934 e RC= 0,1495. Acima dos ramos encontram-se os valores de *bootstrap*. As espécies dos grupos externos estão sublinhadas. * Sinapomorfias de *Oxalis* subgênero *Thamnoxys*: ausência de bulbos, pecíolos até 10 cm compr., folhas pinadas (presença de raque foliar), pedúnculo menor que 7 cm compr., pedicelo de até 10 cm compr. e ausência de glândulas no ápice das sépalas.

Figure 1 – Majority consensus tree, obtained from analysis of 72 morphological characters of species of the genus *Oxalis*: IC= 0.3029, IR= 0.4934 and RC= 0.1495. Above the branches are the bootstrap values. Species of outgroups are highlighted in underlined. * Synapomorphies of *Oxalis* subgenus *Thamnoxys*: bulb absent, petioles up to 10 cm long, pinnate leaves (presence of leaf rachis), peduncle less than 7 cm long, pedicel up to 1 cm long and absence of glands at the apex of the sepals.

(*O. sect. Robustae*). Esse clado inclui ainda três espécies de *O. sect. Thamnoxys* (*O. cerradoana*, *O. hyalotricha* e *O. clausenii*).

Apesar de polifilética dentro da circunscrição de *O. sect. Thamnoxys*, alguns subclados se formaram, como os constituídos por *O. diamantinae* e *O. suborbiculata*, *O. nigrescens* e *O. pyrenea* e *O. cystisoides* e *O. barrelieri*, bem como por outro formado por *O. sellowii* e *O. divaricata*.

Oxalis triangularis (*O. sect. Pseudobulbosae*) emergiu como grupo irmão de *O. subgen. Thamnoxys*.

A delimitação das seções do subgênero *Thamnoxys* (*Thamnoxys*, *Foliosae*, *Pleiocarpa*, *Phyllodoxys*, *Robustae*, *Psoraleoideae*, *Polymorphae*, *Hedysaroideae* e *Holophyllum*)

foi fundamentada por Lourteig (1994) com base, principalmente, em caracteres referentes ao hábito, tamanho do pecíolo, presença de pecíolo filodiais, consistência, filotaxia e número de folíolos, inflorescência, disposição pêndula ou não de flores e frutos e testa das sementes, caracteres estes em sua maioria de pouca viabilidade filogenética dada a homoplasticidade que apresentam. Mesmo assim, dos caracteres anteriores, apenas o tamanho do pecíolo mostrou-se sinapomórfico para o subgênero.

Oxalis sect. Thamnoxys mostrou-se polifilética evidenciando a artificialidade das classificações propostas pelos autores que trataram de *Oxalis* (Progel 1877; Knuth 1930; Lourteig 1994; 2000) provavelmente devido à baixa

variação morfológica das espécies. Embora as mudanças de circunscrição de *O. sect. Thamnoxys* no decorrer de diferentes tratamentos taxonômicos buscassem a formação de um táxon bem definido (Candolle 1824; Progel 1877; Knuth 1930; Lourteig 1994), observando o polifiletismo evidenciado neste trabalho acreditamos na necessidade de redefinição no conceito desta seção. Lourteig (1994) definiu a seção *Thamnoxys* por plantas com folhas de um a três folíolos, distribuídas ao longo do caule ou em braquiblastos, flores e frutos decumbentes e sementes costadas e transversalmente estriadas. Porém, estes caracteres evoluíram independentemente em diferentes táxons do gênero, como nas seções *Foliosae*, *Holophyllum*, *Phyllodoxys*, *Pleiocarpa*, *Polymorphae*, *Psoraleoideae*, e *Robustae* o que demonstra a não funcionalidade deles como unificadores de *O. sect. Thamnoxys*.

Na circunscrição da seção *Thamnoxys*, observou-se o clado composto por *O. sellowii* e *O. divaricata* sustentado pela sinapomorfia posição oposta das brácteas. Em outro clado, *O. barrelieri* e *O. cystioides* surgem como espécies irmãs apresentando a forma retangular das perfurações na costa das sementes como sinapomorfia. Esta mesma característica, aliada a coloração da corola (rósea) e forma elíptica dos folíolos, é citada por Abreu (2011) na taxonomia de *Oxalis* sect. *Thamnoxys*. A autora ainda afirma que ambas as espécies são confundidas causando identificações errôneas em coleções botânicas. Ainda dentre as espécies da seção *Thamnoxys*, há o clado composto por *O. nigrescens* e *O. pyrenea* o qual é sustentado pelas sinapomorfias presença de xilopódio e folhas opostas a subopostas. Estas espécies são morfológicamente próximas e endêmicas dos campos cerrados nos estados de Goiás e Minas Gerais (Lourteig 1994; Abreu 2011).

Outro clado formado pelas espécies *O. diamantinae* e *O. suborbiculata* apresentou como sinapomorfias folhas com número de folíolos variando de um a três no mesmo indivíduo. A relação de proximidade entre estas duas espécies é também corroborada por Lourteig (1994), que as distingue apenas pelo indumento dos ramos hirsuto-pilosos em *O. diamantinae* e pubescentes em *O. suborbiculata*. Lourteig (1994) apontou a relação de *O. diamantinae* com a seção *Robustae* por apresentar o número de folíolos variando de um a três. Esta relação entre a seção *Robustae* e a seção *Thamnoxys* pôde ser observada no

posicionamento do clado formado por *Oxalis hirsutissima* e *O. cordata*, próximo das espécies da seção *Thamnoxys*. No conceito de Lourteig (1994), a seção *Robustae* (9 spp.) incluía plantas com 1–3 folíolos, inflorescências umbeliformes e cápsulas eretas diferindo da seção *Thamnoxys* pelas inflorescências bífidas e cápsulas decumbentes. Entretanto, Progel (1877) e Knuth (1930) haviam observado as relações existentes entre as duas seções ao tratar as espécies hoje posicionadas na seção *Robustae* dentro da seção *Thamnoxys* série *Robustae* e *O. sect. Thamnoxys* subsect. *Robustae*, respectivamente.

As seções incluídas nesta análise como grupo externo (*Foliosae*, *Holophyllum*, *Pleiocarpa*, *Phyllodoxys*, *Polymorphae* e *Psoraleoideae*), excetuando-se *Robustae*, emergiram em um clado juntamente com as espécies *O. cerradoana*, *O. hyalotricha* e *O. clausenii* pertencentes à seção *Thamnoxys*. Este fato, dentre outros, evidencia o polifiletismo da seção *Thamnoxys* assim como sugere a fragilidade das classificações clássicas (Progel 1877; Knuth 1930; Lourteig 1994) que sustentam a existência de seções dentro do subgênero *Thamnoxys*.

A espécie *O. cerradoana* (*O. sect. Thamnoxys*) emergiu como espécie irmã de *O. densifolia* (*O. sect. Foliosae*). Este posicionamento dá suporte ao preconizado por Progel (1877) que já havia incluído *O. sect. Foliosae* na circunscrição da seção *Thamnoxys* subseção *Lotophyllum* Progel série *Foliosae*. Por outro lado, Lourteig (1994) elevou a série *Foliosae* ao nível de seção baseado nas seguintes características: cápsula ereta, folhas curtamente pecioladas e folhas densamente distribuídas nos ramos. Neste estudo, *O. densifolia* e *O. cerradoana* emergiram como espécies irmãs compartilhando o ápice dos folíolos emarginados, a consistência dos folíolos coriácea, ápices das brácteas e das sépalas mucronados como sinapomorfias. Essa relação é sugerida por Lourteig (1994) ao relatar a semelhança de *O. cerradoana* com as espécies da seção *Foliosae*. *Oxalis densifolia* e *O. cerradoana* também surgiram em um clado que tem como espécie irmã *O. glaucescens* (*O. sect. Pleiocarpa*) cujos folíolos são coriáceos. Este clado (*O. cerradoana*, *O. densifolia* e *O. glaucescens*) emergiu como grupo irmão da espécie *O. fruticosa* (*Oxalis* sect. *Phyllodoxys*). No entanto, a seção *Phyllodoxys* (2 spp.) é bem delimitada pelos pecíolos filodiais de origem laminar com tamanho 6,5 a 15 vezes maior que o comprimento dos folíolos

(Lourteig 1980). Pecíolos filodiais também são encontrados na seção *Holophyllum*, embora sejam menos conspícuos (Lourteig 1994).

As espécies *O. mandioccana* e *O. alata* emergiram em um clado sustentado por 80% de *bootstrap*, sugerindo o monofiletismo de *O. sect. Holophyllum* com a sinapomorfia folíolo único. Em *O. sect. Holophyllum* as folhas são sempre 1-foliolada e o pecíolo e pedúnculo são alados (Lourteig 1994). *Oxalis rhombeo-ovata* emergiu como grupo irmão do clado formado pelas espécies da seção *Holophyllum* e a espécie *O. polymorpha* surgiu como irmão deste clado composto por estas três espécies. O clado formado pelas seções *Holophyllum* e *Polymorphae* é sustentado pelo tamanho das sementes superior a 3 mm. É importante ressaltar que o número de folíolos na seção *Holophyllum* é sempre um e na seção *Polymorphae* é sempre três. Neste sentido, Lourteig (1994) sugeriu uma rota evolutiva no subgênero *Thamnoxys* de espécies sempre 3-folioladas para espécies mais derivadas com 1–3 folíolos. As seções *Foliosae*, *Hedysaroideae*, *Phylloxyss*, *Pleiocarpa*, *Polymorphae* e *Psoraleoideae* possuem sempre folhas 3-folioladas, enquanto nas seções *Robustae* e *Thamnoxys* o número de folíolos varia de 1 a 3, culminando na seção *Holophyllum* exclusivamente 1-foliolada (Lourteig 1994). Nesta análise tal rota evolutiva não foi corroborada.

Ainda pode-se observar que as seções *Holophyllum*, *Polymorphae* e *Psoraleoideae* encontram-se mais intimamente relacionadas entre si compartilhando cápsulas com seção transversal 5-angulosa, sépalas maiores que as cápsulas e apenas uma semente por lóculo conferindo artificialidade na classificação como seções distintas. Estas seções talvez possam ser reunidas em um único táxon.

O subgênero *Oxalis* representado aqui por *O. debilis* e *O. triangularis* tem sido reconhecido por autores clássicos (Kunth 1821; Zuccarini 1825) como um grupo distinto dentro do gênero, principalmente por reunir espécies com folhas digitadas (Eiten 1963; Denton 1973). Na classificação mais recente de *Oxalis*, Lourteig (2000) reúne as espécies bulbosas no subgênero *Oxalis* em oito seções. Destas seções, duas estão aqui representadas: *O. sect. Pseudobulbosae* (*O. triangularis*) e *O. sect. Ionoxalis* (*O. debilis*), com relações incertas entre elas. Entretanto *O. triangularis*, de acordo com Oberlander *et al.* (2009) em análise filogenética molecular, emergiu

no clado “Bulbosous” como irmã de *O. latifolia* e *O. tetraphylla* ambas da seção *Ionoxalis*. Estudos filogenéticos com espécies bulbosas referiram que as mesmas são mais derivadas quando comparadas com o subgênero *Thamnoxys* em que os bulbos estão ausentes (Oberlander *et al.* 2009).

Para que *O. sect. Thamnoxys* constitua um grupo monofilético é necessário que nela sejam incluídas as demais seções. No entanto sugere-se considerar o subgênero *Thamnoxys* sem subdivisões, uma vez que este se mostrou monofilético com alta sustentação de *bootstrap* (100%). Estudos filogenéticos baseados em dados moleculares poderiam fornecer maior sustentação a esta hipótese.

Agradecimentos

Ao CNPq pela concessão da bolsa de Doutorado à primeira autora e aos revisores anônimos pelas valiosas contribuições.

Referências

- Abreu, M.C. 2011. Sistemática de *Oxalis* L. sect. *Thamnoxys* (Endl.) Progel (Oxalidaceae) no Brasil. Tese de Doutorado. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 156p.
- Candolle, A.P. 1824. Oxalideae. In: Prodrum Systematis Naturalis Regni Vegetabilis. Parisiis. Vol. 1. Pp. 689-702.
- Denton, M.F. 1973. A monograph of *Oxalis*, section *Ionoxalis* (Oxalidaceae) in North America. Publications of the Michigan State University Museum, Biological Series 4: 455-615.
- Eiten, G. 1963. Taxonomy and regional variation of *Oxalis* sect. *Corniculatae* 1. Introduction, keys and synopsis of the species. American Midland Naturalist 69: 257-309.
- Felsenstein, J. 1985. Confidence limits on phylogenies: an approach using the bootstrap. Evolution 39: 783-791.
- Fitch, W.M. 1971. Towards defining the course of evolution: minimum change for a specified tree topology. Systematic Zoology 20: 406-416.
- Knuth, R. 1930. Oxalidaceae. In: Engler, A. Das Pflanzenreich Regni Vegetabilis Conspectus. Leipzig. Vol. 4(130). Pp. 1-481.
- Kunth, C.S. 1821. Geraniaceae. In: Humboldt, A. & Bonpland, A. Nova Genera et Species Plantarum. Lutetia Parisiorum Vol. 5. Pp. 228-252.
- Lawrence, G.H.M. 1973. Taxonomia das plantas vasculares. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa. 156p.
- Lourteig, A. 1980. Oxalidaceae. In: Woodson, Jr. R.E.; Schery, R.W. & Lourteig, A. Flora do Panamá. Annals of the Missouri Botanical Garden Vol. 67. Pp. 823-850.

- Lourteig, A. 1994. *Oxalis* L. subgênero *Thamnoxys* (Endl.) Reiche emend. Lourt. *Bradea* 7: 1-199.
- Lourteig, A. 2000. *Oxalis* L. subgêneros *Monoxalis* (Small) Lourt., *Oxalis* y *Trifidus* Lourt. *Bradea* 7: 202-629.
- Oberlander, K.C.; Dreyer, L.L.; Bellstedt, D.U. & Reeves, G. 2004. Congruence of *trnL-F* and palynological data sets in the southern African *Oxalis* L. section *Angustatae* subsection *Lineares*. *Taxon* 53: 977-985.
- Oberlander, K.C.; Emshwiller, E.; Bellstedt, D.U. & Dreyer, L.L. 2009. A model of bulb evolution in the eudicot genus *Oxalis* (Oxalidaceae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 51: 54-63.
- Page, R.D.M. 2001. NDE (NEXUS data editor for windows). Version 0.5.0 NDE. Disponível em <<http://taxonomy.zoology.gla.ac.uk/rod/NDE/nde.html>>. Acesso em 15 Out 2009.
- Progel, A. 1877. Oxalideae. In: Martius, C.F.P. & Eichler, A.G. *Flora Brasiliensis*. Munchen, Wien, Leipzig. Vol. 12. Pp. 473-520.
- Progel, A. 1879. Oxalidaceae. In: Warming, E. *Symbolae ad Floram Brasiliae Centralis Cognoscendam*. Vidensk. Pp. 19-24.
- Radford, A.E.; Dickson, W.C.; Massey, J.R. & Bell, C.R. 1974. *Vascular plant systematics*. Harper & Row, New York. 891p.
- Saint-Hilaire, A. 1825. Geraniaceae. In: *Flora Brasiliae Meridionalis*. Paris. Vol. 1. Pp. 95-135.
- Saint-Hilaire, A. 1842. Revue de la flore du Brésil méridional. *Annales des Sciences Naturelles Paris* 2e. Sér. 18: 25-30.
- Scotland, R.E. & Pennington, R.T. 2000. Homology and systematics: coding characters for phylogenetic analysis. *The Systematics Association Special Volume, series 58*. Taylor & Francis, London. 217p.
- Swofford, D.L. 2002. PAUP: Phylogenetic analysis using parsimony, version 4.0b10. Sinauer, Sunderland.
- Thiers, B. 2011 [continuously updated]. *Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff*. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. Disponível em <<http://sweetgum.nybg.org/ih/>>. Acesso em 7 Dez 2011.
- Zuccarini, J.G. 1825. Monographie der amerikanischen *Oxalis* – Arten. *Denkschriften der Akademie der Wissenschaften München* ser. 1: 129-184.



Análise cladística de *Oxalis* sect. *Thamnoxys* (Oxalidaceae) baseada em dados morfológicos

Cladistic analysis of Oxalis sect. Thamnoxys (Oxalidaceae) based on morphological data

Maria Carolina de Abreu, Marcos José da Silva & Margareth Ferreira de Sales

Apêndice 1 – Caracteres e estados usados na análise cladística.

Appendix 1 – Characters and states used in the cladistic analysis.

1. Aspecto de crescimento da planta	(0) ereto; (1) prostrado;
2. Coloração do indumento da planta	(0) hialino; (1) alvo; (2) ferrugíneo;
3. Xilopódio	(0) ausente; (1) presente;
4. Bulbos	(0) presente; (1) ausente;
5. Forma dos bulbos	(0) alongados; (1) cilíndricos;
6. Natureza dos bulbilhos	(0) adensados em um só corpo – rizomatosos; (1) individualizados;
7. Cicatrizes foliares no caule	(0) ausentes; (1) presentes;
8. Indumento nos ramos jovens	(0) ausente; (1) presente;
9. Braquiblastos	(0) ausente; (1) presente;
10. Distribuição das folhas no caule	(0) agrupadas próximo ao ápice; (1) regularmente distribuídas ao longo do caule;
11. Filotaxia	(0) alterna; (1) oposta a suboposta; (2) verticilada;
12. Pulvino	(0) ausente; (1) presente;
13. Filódio	(0) ausente; (1) presente;
14. Indumento do pecíolo	(0) ausente; (1) presente;
15. Tipo de indumento do pecíolo	(0) hirsuto; (1) pubérulo; (2) pubescente;
16. Tamanho dos pecíolos	(0) > 15 cm; (1) até 10 cm;
17. Número de folíolos	(0) sempre 3; (1) 1 a 3; (2) sempre 1;
18. Domácias	(0) ausentes; (1) presentes;
19. Forma dos folíolos	(0) iguais entre si; (1) diferenciados;
20. Raque foliar	(0) ausente; (1) presente;
21. Posição dos folíolos laterais na raque	(0) opostos; (1) alternos;
22. Base dos folíolos laterais	(0) simétrica; (1) assimétrica;
23. Cílios nas margens dos folíolos	(0) ausentes; (1) presentes;
24. Ápice dos folíolos	(0) obtuso a truncado; (1) agudo a acuminado; (2) emarginado;
25. Venação	(0) hifódroma (proeminente); (1) broquidódroma;
26. Número de nervuras secundárias visíveis	(0) até 3; (1) mais de 4;

27. Nervuras secundárias na face abaxial	(0) impressas; (1) proeminentes;
28. Consistência dos folíolos	(0) membranácea; (1) cartácea; (2) coriácea;
29. Limbo quanto ao indumento	(0) glabro; (1) indumento em ambas as faces; (2) indumento somente na face adaxial; (3) indumento somente na face abaxial;
30. Tipo de indumento na face adaxial do limbo	(0) pubescente; (1) tomentoso; (2) seríceo;
31. Tipo de indumento na face abaxial do limbo	(0) pubescente; (1) tomentoso (2) seríceo;
32. Tamanho da raque foliar	(0) até 3 mm; (1) > 5 mm;
33. Tamanho do pedúnculo	(0) > 8 cm; (1) < 5 cm;
34. Indumento do pedúnculo	(0) ausente; (1) presente;
35. Face externa das brácteas	(0) glabras; (1) com indumento;
36. Múcron no ápice das brácteas	(0) ausente; (1) presente;
37. Número de brácteas no ponto de divisão do pedúnculo	(0) 4 ou mais; (1) até 2
38. Disposição das brácteas nas inflorescências	(0) verticiladas; (1) opostas; (2) alternas;
39. Orientação das brácteas	(0) espiraladas; (1) dísticas;
40. Forma das brácteas	(0) lineares; (1) triangulares;
41. Pedicelo floral	(0) glabro; (1) com indumento;
42. Comprimento do pedicelo	(0) > 1 cm; (1) até 1cm;
43. Comprimento dos artículos do pedicelo	(0) > 2 mm; (1) < 1 mm;
44. Inflorescências quanto à ramificação	(0) não ramificadas apresentando aparência umbeliforme ou corimbiforme; (1) com 2 ou 4 ramos multifloros divergentes;
45. Aspecto da distribuição das flores nas inflorescências	(0) contínuo; (1) descontínuo;
46. Sépalas na face externa	(0) glabras; (1) com indumento;
47. Tipo de indumento da sépala	(0) hirsuto a seríceo; (1) pubérulo a pubescente;
48. Tricomas glandulares nas sépalas	(0) ausentes; (1) presentes;
49. Forma das sépalas	(0) oval a oval-elíptica; (1) oblonga;
50. Ápice das sépalas	(0) agudo a acuminado; (1) obtuso;
51. Margem das sépalas	(0) lisa; (1) serrada;
52. Glândulas no ápice das sépalas	(0) presentes; (1) ausentes;
53. Múcron no ápice das sépalas	(0) ausente; (1) presente;
54. Cor dos lobos das pétalas	(0) róseo a purpúreo; (1) amarelo;
55. Coloração do tubo da corola	(0) bicolor; (1) unicolor;
56. Guias de néctar	(0) presentes; (1) ausentes;
57. Ápice das pétalas	(0) arredondado; (1) emarginado; (2) truncado;
58. Indumento nos filetes	(0) presente; (1) ausente;
59. Filetes quanto a presença de lígula	(0) ligulados; (1) não ligulados;
60. Forma dos estigmas	(0) subcaptados a captados; (1) bilobados a bifidos;

61. Forma da cápsula	(0) oblonga a ovóide alongada; (1) globosa a subglobosa
62. Ápice da cápsula	(0) agudo a acuminado; (1) obtuso-achatado;
63. Cápsula	(0) glabra; (1) com indumento;
64. Secção transversal da cápsula	(0) 5-angulosa; (1) 5-lobada;
65. Estiletes nas cápsulas	(0) persistentes; (1) caducos;
66. Sépalas nas cápsulas	(0) não acrescentes; (1) acrescentes;
67. Número de sementes por lóculo da cápsula	(0) 2 ou mais; (1) somente 1;
68. Porção interna dos carpelos	(0) glabra; (1) com indumento;
69. Posição da cápsula	(0) ereta; (1) pendente;
70. Ornamentação da semente	(0) estriadas; (1) perfuradas;
71. Forma das perfurações da semente	(0) cilíndricas; (1) retangulares;
72. Comprimento das sementes	(0) até 2 mm; (1) > 3 mm.

Apêndice 2 – Lista de localidades visitadas e material coletado para análise durante o estudo, depositados no herbário PEUFR (acrônimo segundo (Thiers 2011)).

Appendix 2 – List of places visited and material collected for analysis during the study deposited in the herbarium PEUFR (acronym second (Thiers 2011)).

Estados	Municípios	Espécies	Material testemunho
BA	Ibicuará	<i>Oxalis cerradoana</i> Lourteig	M.C.Abreu 452
BA	Itaité	<i>Oxalis cerradoana</i> Lourteig	M.C.Abreu 445
BA	Mucugê	<i>Oxalis debilis</i> Kunth	M.C.Abreu 449
BA	Palmeiras	<i>Oxalis cerradoana</i> Lourteig	M.C.Abreu 435
ES	Apiacá	<i>Oxalis barrelieri</i> L.	M.C.Abreu 490
ES	Domingos Martins	<i>Oxalis triangularis</i> A.St.-Hil.	M.C.Abreu 483
ES	Guarapari	<i>Oxalis barrelieri</i> L.	M.C.Abreu 486
ES	Mimoso do Sul	<i>Oxalis barrelieri</i> L.	M.C.Abreu 488
ES	Vitória	<i>Oxalis barrelieri</i> L.	M.C.Abreu 485
MG	Barbacena	<i>Oxalis barrelieri</i> L.	M.C.Abreu 495
MG	Conceição do Ipanema	<i>Oxalis barrelieri</i> L.	M.C.Abreu 480
MG	Coronel Pacheco	<i>Oxalis barrelieri</i> L.	M.C.Abreu 494
MG	Goianá	<i>Oxalis cystisoides</i> Mart. ex Zucc.	M.C.Abreu 492
MG	Luanda	<i>Oxalis barrelieri</i> L.	M.C.Abreu 477
MG	Manhuaçu Mirim	<i>Oxalis barrelieri</i> L.	M.C.Abreu 481
MG	Manhumirim	<i>Oxalis barrelieri</i> L.	M.C.Abreu 478
MG	Tombo	<i>Oxalis hedysarifolia</i> Raddi	M.C.Abreu 476
PE	Barreiros	<i>Oxalis hedysarifolia</i> Raddi	M.C.Abreu 506
PE	Bezerros	<i>Oxalis glaucescens</i> Norlind	M.C.Abreu 503
PE	Gravatá	<i>Oxalis frutescens</i> L.	M.C.Abreu 498
PE	Recife	<i>Oxalis cratensis</i> Oliver in Hook	M.C.Abreu 455
PE	Serra Talhada	<i>Oxalis divaricata</i> Mart. ex Zucc.	M.C.Abreu 296
PI	Patos do Piauí	<i>Oxalis glaucescens</i> Norlind	M.C.Abreu 520
RJ	Angra dos Reis	<i>Oxalis barrelieri</i> L.	M.C.Abreu 459
RJ	Itaperuna	<i>Oxalis cystisoides</i> Mart. ex Zucc.	M.C.Abreu 475
RJ	Japeri	<i>Oxalis triangularis</i> A.St.-Hil.	M.C.Abreu 462
RJ	Miguel Pereira	<i>Oxalis debilis</i> Kunth	M.C.Abreu 465
RJ	Muriaé	<i>Oxalis cystisoides</i> Mart. ex Zucc.	M.C.Abreu 491
RJ	Teresópolis	<i>Oxalis triangularis</i> A.St.-Hil.	M.C.Abreu 473
RJ	Três rios	<i>Oxalis barrelieri</i> L.	M.C.Abreu 471
SP	Caraguatatuba	<i>Oxalis barrelieri</i> L.	M.C.Abreu 458

BA: Bahia; DF: Distrito Federal; ES: Espírito Santo; MG: Minas Gerais; PE: Pernambuco; PI: Piauí; RJ: Rio de Janeiro; SP: São Paulo.

Apêndice 3 – Matriz utilizada na análise cladística. Ausência de dados “?”. Dados não aplicáveis “-”. Polimorfismos dos estados de caráter: A = (1+2); B (0+1)
Appendix 3 – Matrix used in cladistic analysis. Lack of data “?”. Data not applicable “-”. Polymorphisms of character states: A = (1 +2), B (0 +1).

Táxon/ N° do caráter	000000001 1234567890	111111112 1234567890	222222223 1234567890	333333334 1234567890	444444445 1234567890	555555556 1234567890	666666667 1234567890	77 12
<i>Oxalis barrelieri</i>	0101- -0101	1101210101	001011?03-	0111101200	0101110000	0100000000	000000110	10
<i>Oxalis cerradoana</i>	0111- -1100	0001110101	001200-210	1011111200	1101011100	0111112011	1110010110	-0
<i>Oxalis clausenii</i>	0101- -0101	0101010111	011111100-	-11101201	1101111111	0101100001	0010000010	-0
<i>Oxalis cordata</i>	0211- -1100	0001111011	011211120-	-111100001	1100011100	1101101000	1010000100	11
<i>Oxalis cratensis</i>	0-01- -1001	1100-10001	000111100-	-110001200	010110-000	0100000000	0000000110	-0
<i>Oxalis cystisoides</i>	0101- -0101	0101210101	0011111011	1111101200	0101111010	0100000001	0000000010	10
<i>Oxalis debilis</i>	0-00110000	0001200000	-01200003 -	0-01000000	000000-000	0000000000	0000000?00	-0
<i>Oxalis densifolia</i>	0201- -1101	0101210101	0012000210	0011111000	1101111100	01111?0000	1001101000	-1
<i>Oxalis diamantinae</i>	0101- -1101	0101211111	011010010-	-01110100	110110-011	0111100000	0000000110	-0
<i>Oxalis frutescens</i>	0111- -1111	2101010101	0012111211	1111001200	1101110000	0101111000	0010000110	10
<i>Oxalis fruticosa</i>	0101- -1101	0110-10001	000110000 -	-01010111	1111010000	0101100000	1001011000	-1
<i>Oxalis hedysarifolia</i>	0101- -1101	0101210111	0001111110	0111101201	0111111000	0101101001	0000000110	-0
<i>Oxalis hirsutissima</i>	0211- -1101	0101010111	0010000212	2111100100	1100010000	1101101000	0100000100	11
<i>Oxalis hyalotricha</i>	0001- -1101	0101010101	0011111010	0011100100	1101011000	01011?0101	0000100010	-0
<i>Oxalis mandioccana</i>	0101- -1100	01110121-1	- -1111110 -	--11101000	1111011000	0101100000	1101011001	01
<i>Oxalis nigrescens</i>	0111- -0101	1101210101	000111013-	0110011200	0101101000	0111100000	1000000110	-0
<i>Oxalis psoraleoides</i>	0101- -1101	0100010101	0111111112	2111101201	1101100000	0111112000	1001111001	01
<i>Oxalis pyrenaica</i>	0111- -1101	1101010101	0001111110-	-111101200	010110-000	0101100000	0000100110	-0
<i>Oxalis renifolia</i>	0101- -1101	00010121-1	--1011110-	--111?1201	1101111100	0101100100	0010000110	-0
<i>Oxalis rhombo-ovata</i>	0101- -1101	0101010011	111111113-	0111101000	1111111010	01011?0000	1001011001	01
<i>Oxalis sellowii</i>	0101- -11-1	1101010001	0011110111	1011101100	1101110100	0101000000	1010000110	-0
<i>Oxalis sepium</i>	0101- -0001	0101210101	000111100-	-110101200	010110-011	0101110001	0000000110	-0
<i>Oxalis suborbiculata</i>	0111- -1101	0101011111	0010100A11	1111101201	010110-000	0101110011	0000000110	-0
<i>Oxalisdivaricata</i>	0001- -0101	A101010011	000211000-	-0110?1100	1101110100	0101111001	1110000110	-0
<i>Oxalis triangularis</i>	0-00000000	0000-00000	-00000000 -	--00000000	000000-000	0000000000	0000000?00	-0