

CELSO LUIS BERGO

ESTUDOS AGRONÔMICOS E FITOQUÍMICOS DE *Piper hispidinervum* C.DC. e *Piper aduncum* L. PARA PRODUÇÃO DE SAFROL E DILAPIOL

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Antonio Biasi
Co-orientadores: Prof. Dr. Cícero Deschamps
Dr. Cirino Corrêa Júnior

**CURITIBA
2010**



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E FITOSSANITARISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
PRODUÇÃO VEGETAL

PARECER

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, reuniram-se para realizar a arguição da Tese de DOUTORADO, apresentada pelo candidato **CELSO LUIZ BERGO**, sob o título "**ESTUDOS AGRONÔMICOS E FITOQUÍMICOS DE *Piper hispidinervum* C. DC. E *Piper aduncum* L. PARA PRODUÇÃO DE SAFROL E DILAPIOL**", para obtenção do grau de Doutor em Ciências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

Após haver analisado o referido trabalho e argüido o candidato são de parecer pela "**APROVAÇÃO**" da Tese.

Curitiba, 20 de Dezembro de 2010.

Professora Dra. Louise Larissa May De Mio
Coordenadora do Programa

Professor Dr. Lin Chau Ming
Primeiro Examinador

Dr. Cirino Correa Junior
Segundo Examinador

Professor Dr. Cicero Deschamps
Terceiro Examinador

Professor Dr. Ricardo Augusto de Oliveira
Quarto Examinador

Professor Dr. Luiz Antonio Biasi
Presidente da Banca e Orientador

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Luiz Antonio Biasi, pela orientação, ensinamentos e amizade;

Ao Prof. Dr. Cícero Deschamps pela co-orientação, contribuição e apoio;

Ao Dr. Cirino Corrêa Júnior, Coordenador Estadual do Departamento de Plantas Medicinais, Aromática e Condimentares da Emater Paraná, pela co-orientação, contribuição e apoio;

À Profa. Dr^a. Raquel R. B. Negrelle, pelas sugestões e auxílios prestados;

À Profa. Dr^a. Maristela Panobianco e ao colega de turma Osvaldo de Castro Ohlson, pelas sugestões e infraestrutura recebidas nas pesquisas com sementes de *Piper*;

À família Pansera e seus funcionários do Solar Paisagismo Ltda., pelo apoio e infraestrutura recebidos para coleta dos materiais e realização dos experimentos;

Ao Dr. h.c. Gerdt G. Hatschbach do MBM, Museu Botânico Municipal em Curitiba (PR), pela identificação e classificação dos materiais coletados e inclusão das exsicatas no herbário daquele MBM;

Aos responsáveis pelo Lacaut - Laboratório de Análise de Combustíveis Automotivos - professores Agnes de Paula Scheer, Carlos Yamamoto e especialmente a pesquisadora Lílian Cristina Côcco, pelas sugestões e realização das análises de óleo essencial;

Aos funcionários Gilnei, Maria Emília e Rainério, pelos trabalhos laboratoriais e de campo;

À Lucimara, secretária da Pós-Graduação, pelos auxílios prestados;

À Simone, bibliotecária, pelas sugestões e auxílios prestados;

Aos amigos da Pós-graduação, pelo convívio durante o Curso;

À minha esposa Daily e ao meu filho Bruno, pelo incentivo, amor e paciência;

À Universidade Federal do Paraná, por me receber novamente, e à Embrapa Acre por permitir a realização do curso; e

Aos amigos e a todas as pessoas que contribuíram e participaram deste trabalho, obrigado!

BIOGRAFIA DO AUTOR

CELSO LUIS BERGO, filho de Zeferino Bergo e Geni Bertáglio Bergo, nasceu em Novo Horizonte, Estado de São Paulo, em 04 de outubro de 1952. É casado com Daily de Castro Bergo e tem um filho, Bruno Sanches de Castro Bergo.

Em 1977 graduou-se em Agronomia pela Universidade Federal do Paraná e em 1987 em Economia pela Universidade Federal do Acre. Em 1997 recebeu o grau de Mestre em Fitotecnia pela Universidade Federal de Lavras. No início de 2007, foi aceito como aluno regular no Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, da UFPR.

De 1978 a 1982, desenvolveu atividades profissionais no cooperativismo com trabalhos na Cooperativa Agropecuária Mourãoense Ltda. – Coamo, no Paraná, e na Cooperativa Mista Nova Fronteira Ltda. – Cooperfron, no Pará. De 1983 a 1989, desenvolveu atividades extensionistas na Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Acre – Emater-AC. Em 1990, ingressou como pesquisador na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa/AC.

RESUMO

A família Piperaceae é reconhecida como aromática sendo o gênero *Piper* o mais representativo desta família. Das mais de 700 espécies deste gênero, destacam-se a *Piper hispidinervum* C.DC. (pimenta longa) e a *Piper aduncum* L. (pimenta-de-macaco) como produtoras de safrol e dilapiol respectivamente, compostos usados na indústria de cosméticos, perfumaria e no controle de pragas e doenças de interesse agropecuário. A *P. hispidinervum* poderá substituir a planta originalmente fornecedora de safrol no Brasil, a canela sassafrás. Essas espécies se encontram em processo de domesticação e estudos sobre seu cultivo são escassos. Objetivando a produção de óleo essencial com alto teor de safrol e dilapiol, nas condições edafoclimáticas do litoral paranaense, e contribuir para o conhecimento da diversidade de *Piper sp* em remanescente de Floresta Atlântica no município de Morretes/PR, foram identificadas as seguintes espécies locais: *P. aduncum* L., *P. cernuum* Vell., *P. dilatatum* Rich, *P. gaudichaudianum* Kunth, *P. glabratum* Kunth, *P. lindbergii* C. DC., *P. solmsianum* C. DC. e *P. umbellatum* L. Estas oito espécies representam 34% das 23 reportadas de ocorrência no Paraná. De novembro de 2007 a junho de 2009, no mesmo município, dois experimentos foram conduzidos, ambos em blocos casualizados, em esquema fatorial. No primeiro, com a espécie *P. hispidinervum*, combinaram-se espaçamentos (0,5; 1,0 e 1,5 m) entre plantas e épocas de corte (9, 12 e 15 meses após o plantio). As melhores épocas de colheita foram aos 12 ou 15 meses num espaçamento de 0,50 x 0,50 m entre plantas. Nestas condições de manejo, obtém-se uma produtividade acima de 94 litros de OE por hectare, com teor mínimo de safrol de 91%. No segundo, com a espécie *P. aduncum*, no espaçamento 1,0 x 1,0 m, combinaram-se épocas de corte (9, 12, 15 e 18 meses após o plantio) e procedências do Acre e Paraná. A procedência Acre apresenta um rendimento maior de OE na massa seca quando comparada à do Paraná. A melhor época de colheita para a *P. aduncum*, procedência Acre, é aos 18 meses, com produtividade estimada de 83 litros de OE por hectare e teor médio de dilapiol de 78%. A presença majoritária do dilapiol no OE da procedência Acre e a ausência na procedência Paraná caracterizam quimiotipos distintos. Conclui-se pelos estudos agrônômicos e fitoquímicos das espécies *P. hispidinervum* e *P. aduncum* que a produção de safrol e dilapiol é tecnicamente viável, desde que em condições fisiográficas específicas, a exemplo do município de Morretes/PR.

Palavras – chave: Piperaceae. Planta aromática. Planta medicinal. Pimenta longa. Pimenta-de-macaco.

ABSTRACT

The Piperaceae Family is recognized as aromatic and the genus *Piper* is the most representative of this family. Among more than 700 species within this genus the species *Piper hispidinervum* C. DC. (long pepper) and *Piper aduncum* L. (monkey pepper) are highlighted as producers of safrole and dillapiol respectively which are compounds used in cosmetics, perfumery and in the control of pests and diseases of agricultural interest. *P. hispidinervum* can in the future override the originally plant supplier of safrole in Brazil, the cinnamon sassafras. These species are in the process of domestication and studies on its cultivation are scarce. The objectives of this study were to investigate the production of essential oil with high safrole and dillapiol content in the edaphic-climatic conditions of the paranaense littoral and to contribute to the knowledge of the diversity in the *Piper sp* in the remaining areas of the Atlantic forest in the municipality of Morretes/PR. The following species were identified: *P. aduncum* L., *P. cernuum* Vell., *P. dilatatum* Rich, *P. gaudichaudianum* Kunth, *P. glabratum* Kunth, *P. lindbergii* C. DC., *P. solmsianum* C. DC. and *P. umbellatum* L. These eight species represent 34% of the 23 species reported as occurring in Paraná. Two experiments were conducted from November 2007 to June 2009; both as randomized sets and following a factorial design in the same municipality. In the first experiment combinations between spacing (0.5; 1.0 and 1.5 m) between plants and harvesting times (9, 12 and 15 months after seeding) were applied using the species *P. hispidinervum*. The best harvesting times were at 12 or 15 months with a spacing of 0.50 x 0.50 m between plants. These handling conditions yielded productivity above 94 liters of EO per hectare with a minimum safrole content of 91%. In the second experiment using plants of *P. aduncum* from Acre and Paraná, a combination between spacing of 1.0 x 1.0 m and harvesting times were applied (9, 12, 15 and 18 months after seeding). Plants from Acre present a higher EO yield from the dry mass when compared to the plants from Paraná. The best harvesting time for the *P. aduncum* from Acre is at 18 months, producing estimated 83 liters of EO per hectare and a dillapiol average content of 78%. The presence of dillapiol in the EO from all plants originated from Acre and its absence in plants originated from Paraná characterizes distinct chemotypes. These agronomic and phytochemical analyzes of the species *P. hispidinervum* and *P. aduncum* demonstrated that the production of safrole and dillapiol is technically feasible, provided specific physiographic conditions are present such as in the municipality of Morretes/PR.

Key words: Piperaceae. Aromatic plant. Medicinal plant. Long pepper. Monkey-pepper.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – <i>P. hispidinervum</i> : plantas adultas (a); detalhes das folhas e espiguetas (b). Morretes/PR, 2009. Exsicata no Museu Botânico Municipal de Curitiba – MBM - sob nº 347747.....	19
Figura 2 – <i>P. aduncum</i> : plantas adultas com detalhes das espiguetas (a); detalhes das folhas (b). Morretes/PR, 2009. Exsicata no MBM - Museu Botânico Municipal de Curitiba sob nº 336208.....	25
Figura 3 – Localização da área do levantamento florístico das espécies do gênero <i>Piper</i> (Piperaceae) Solar Paisagismo Ltda. (25° 25' 51,3" S e 48° 52' 37,7" W.) Morretes/PR, 2007.....	41
Figura 4 – <i>P. hispidinervum</i> : espiguetas com detalhe das sementes (a); sementes em início de germinação (b); plântulas transplantadas nos tubetes (c); mudas aos 210 dias (d). Curitiba/PR, 2007.....	70
Figura 5 – <i>P. hispidinervum</i> : diferentes fases do experimento - plantio e plantas aos 3 e 6 meses após o plantio. Morretes/PR, 2008.....	72
Figura 6 – <i>P. hispidinervum</i> : plantas recém-cortadas, transporte, pesagem, MFCAULE e MFFOLHAS. Morretes/PR, 2008.....	73
Figura 7 – <i>P. hispidinervum</i> : produtividades relativas de MFCAULE e MFFOLHAS em função das três diferentes idades de corte. Morretes/PR, 2009.....	78
Figura 8 – <i>P. hispidinervum</i> : plantas aos 9, 12 e 15 meses após o plantio. Morretes/PR, 2009.....	87
Figura 9 – <i>P. hispidinervum</i> : ilustração da brotação após um mês do corte inicial. Morretes/PR, 2008.....	88
Figura 10 – <i>P. aduncum</i> : plântulas aos 70 dias nas sementeiras (a); plântulas no momento do transplantio (b); mudas aos 150 dias (c); Mudanças aos 210 dias (d). Curitiba/PR, 2007.....	99
Figura 11 – <i>P. aduncum</i> : diferentes fases do experimento - plantio e plantas aos 3 e 6 meses após o plantio. Morretes/PR, 2008.....	101
Figura 12 – <i>P. aduncum</i> : plantas recém-cortadas, transporte e pesagem da massa fresca. Morretes/PR, 2008.....	102
Figura 13 – Produtividade de massa fresca total (MFTOTAL) em kg ha ⁻¹ de duas procedências de <i>P. aduncum</i> em quatro diferentes idades. Morretes/PR, 2009.....	106

Figura 14 – Produtividade de massa fresca do caule (MFC CAULE) em kg ha^{-1} de duas procedências de <i>P. aduncum</i> em quatro diferentes idades. Morretes/PR, 2009.....	106
Figura 15 – Relação massa fresca das folhas e ramos finos/massa fresca total (MFFOLHAS/MFTOTAL) em kg ha^{-1} – média entre as duas procedências de <i>P. aduncum</i> - em quatro diferentes idades. Morretes/PR, 2009.....	108
Figura 16 – Produtividade de massa fresca das folhas e ramos finos (MFFOLHAS) em kg ha^{-1} – média entre as duas procedências de <i>P. aduncum</i> - em quatro diferentes idades. Morretes/PR, 2009.....	109
Figura 17 – Produtividade de massa seca das folhas e ramos finos (MSFOLHAS) em kg ha^{-1} – média entre as duas procedências de <i>P. aduncum</i> - em quatro diferentes idades. Morretes/PR, 2009.....	110
Figura 18 – Produtividade de OE (L ha^{-1}) de duas procedências de <i>P. aduncum</i> em quatro diferentes idades. Morretes/PR, 2009.....	113
Figura 19 – Rota biogenética de fenilpropanóides de OE de planta e relação do substrato/produto com alguns grupos químicos. Adaptado de Sangwan et al. (2001).....	118
Figura 20 – Teor de biciclogermacreno, espatulenol e safrol da procedência Paraná, segundo as diferentes idades de corte e das correspondentes estações do ano. Morretes/PR, 2010.....	119
Figura 21 – Altura (m) – média entre as duas procedências de <i>P. aduncum</i> - em quatro diferentes idades. Morretes/PR, 2009.....	120
Figura 22 – Diâmetro da copa (m) – média entre as duas procedências de <i>P. aduncum</i> - em quatro diferentes idades. Morretes/PR, 2009.....	121
Figura 23 – Índice de área foliar (IAF) de duas procedências de <i>P. aduncum</i> em quatro diferentes idades. Morretes/PR, 2009.....	122
Figura 24 – <i>P. aduncum</i> : plantas aos 9, 12, 15 e 18 meses após o plantio. Morretes/PR, 2009.....	123
Figura 25 – <i>P. aduncum</i> : ilustração da brotação após um mês do corte inicial. Morretes/PR, 2008.....	124

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Relação de <i>Piper</i> sp., teor de OE em relação à massa fresca das folhas e ramos finos (%) e compostos majoritários com respectivas quantificações percentuais. Morretes/PR, 2007.....	56
Tabela 2 – Produtividade de massa fresca total (MFTOTAL) em kg ha ⁻¹ de <i>P. hispidinervum</i> quando submetidas a três idades de corte e três espaçamentos. Morretes/PR, 2009.....	76
Tabela 3 – Produtividade de massa fresca do caule (MFCAULE) em kg ha ⁻¹ de <i>P. hispidinervum</i> quando submetidas a três idades de corte e três espaçamentos. Morretes/PR, 2009.....	77
Tabela 4 – Relação massa fresca das folhas e ramos finos/massa fresca total (MFFOLHAS/MFTOTAL) em kg ha ⁻¹ de <i>P. hispidinervum</i> quando submetidas a três idades de corte e três espaçamentos. Morretes/PR, 2009.....	77
Tabela 5 – Produtividade de massa fresca das folhas e ramos finos (MFFOLHAS) em kg ha ⁻¹ de <i>P. hispidinervum</i> quando submetidas a três idades de corte e três espaçamentos. Morretes/PR, 2009.....	79
Tabela 6 – Produtividade de massa seca das folhas e ramos finos (MSFOLHAS) em kg ha ⁻¹ de <i>P. hispidinervum</i> quando submetidas a três idades de corte e três espaçamentos. Morretes/PR, 2009.....	80
Tabela 7 – Teor de OE em relação à massa seca (%) de <i>P. hispidinervum</i> quando submetidas a três idades de corte e três espaçamentos. Morretes/ PR, 2009.....	82
Tabela 8 – Produtividade de OE (L ha ⁻¹) de <i>P. hispidinervum</i> quando submetidas a três idades de corte e três espaçamentos. Morretes/PR, 2009.....	83
Tabela 9 – Percentual de safrol no OE de <i>P. hispidinervum</i> quando submetidas a três idades de corte e três espaçamentos. Morretes/PR, 2009.....	83
Tabela 10 – Altura (m) das plantas de <i>P. hispidinervum</i> submetidas a três idades de corte e três espaçamentos. Morretes/PR, 2009.....	85
Tabela 11 – Diâmetro da copa (m) das plantas de <i>P. hispidinervum</i> submetidas a três idades de corte e três espaçamentos. Morretes/PR, 2009.....	86
Tabela 12 – Índice de Área Foliar (IAF) das plantas de <i>P. hispidinervum</i> submetidas a três idades de corte e três espaçamentos. Morretes/PR, 2009.....	86

Tabela 13 – Relação massa fresca das folhas e ramos finos/massa fresca total (MFFOLHAS/MFTOTAL) em kg ha ⁻¹ de duas procedências de <i>P. aduncum</i> em quatro diferentes idades. Morretes/PR, 2009.....	109
Tabela 14 – Teor de OE em relação à massa seca (%) de duas procedências de <i>P. aduncum</i> em quatro diferentes idades. Morretes/PR, 2009.....	111
Tabela 15 – Compostos químicos identificados no OE de <i>P. aduncum</i> , procedência Acre, segundo as idades de corte. Morretes/PR, 2010.....	114
Tabela 16 – Compostos químicos identificados no OE de <i>P. aduncum</i> , procedência Paraná, segundo as idades de corte. Morretes/PR. 2010.	114
Tabela 17 – Altura (m) das plantas de duas procedências de <i>P. aduncum</i> em quatro diferentes idades. Morretes/PR, 2009.....	121

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
REFERÊNCIAS.....	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 <i>Piper hispidinervum</i>	18
2.2 <i>Piper aduncum</i>	24
REFERÊNCIAS.....	30
3 IDENTIFICAÇÃO, DESCRIÇÃO E POTENCIALIDADES DE USO DE <i>Piper</i> sp. NO MUNICÍPIO DE MORRETES NO PARANÁ	37
RESUMO.....	37
ABSTRACT.....	38
3.1 INTRODUÇÃO.....	39
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	40
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
3.4 CONCLUSÕES.....	58
REFERÊNCIAS.....	59
4 DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO, PRODUTIVIDADE E COMPOSIÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE PIMENTA LONGA (<i>Piper hispidinervum</i> C. DC.) SUBMETIDA A DIFERENTES ESPAÇAMENTOS E IDADES DE CORTE	65
RESUMO.....	65
ABSTRACT.....	66
4.1 INTRODUÇÃO.....	67
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	69
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	75
4.4 CONCLUSÕES.....	89
REFERÊNCIAS.....	90
5 DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO, PRODUTIVIDADE E COMPOSIÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE DUAS PROCEDÊNCIAS DE PIMENTA-DE-MACACO (<i>Piper aduncum</i> L.) SUBMETIDAS A DIFERENTES IDADES DE CORTE	94
RESUMO.....	94
ABSTRACT.....	95
5.1 INTRODUÇÃO.....	96
5.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	97

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	104
5.4 CONCLUSÕES.....	125
REFERÊNCIAS.....	126
6 CONCLUSÕES GERAIS.....	129
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	131
ANEXOS.....	132

1 INTRODUÇÃO

Piperaceae é uma família predominantemente tropical, que inclui cinco gêneros nativos e aproximadamente 2000 espécies, quase todas incluídas em *Piper* e *Peperomia* (AGAREZ; RIZZINI; PEREIRA, 1994; SOUZA; LORENZI, 2005).

No gênero *Piper*, encontram-se mais de 700 espécies. Destas, 450 ocorrem no Brasil e estima-se que a Amazônia abrigue próximo de 300 delas (YUNCKER 1972 e 1973; FIGUEIREDO; SAZIMA, 2000; GUIMARÃES; GIORDANO, 2004).

Este gênero, que é mais representativo da família, é comum em matas de galeria e inclui espécies já conhecidas como produtoras de óleo essencial (OE) tais como *Piper arboreum*, *Piper cernuum*, *Piper regnellii*, *Piper hispidinervum* e *Piper aduncum* (CAVALCANTE, 2002; MESQUITA *et al.*, 2005).

Destas, destacam-se *P. hispidinervum* e *P. aduncum*. Ambas são arbustivas alcançando altura de até 8 metros. *P. hispidinervum* é encontrada no bioma Amazônia, especialmente nos Estados do Acre e Rondônia, e produz OE rico em safrol, composto utilizado principalmente na indústria de fragrância e cosmético e como agente sinérgico junto ao piretro (*Chrysanthemum cinerariaefolium*), constituindo-se em importante inseticida botânico no controle de pragas de armazenamento, ou ainda de uso doméstico (MAIA *et al.*, 1998; WADT, 2001; BIOTRADE, 2009; ANDRADE; GUIMARÃES; MAIA, 2009). *P. aduncum* é encontrada tanto no bioma Amazônia como na Mata Atlântica e produz OE rico em dilapiol (FAZOLIN *et al.*, 2006; BENCHIMOL; SILVA; VERZIGNASSI, 2008).

Pesquisas recentes demonstram o potencial do OE de *P. aduncum* no controle de diferentes pragas e doenças de interesse agropecuário a exemplo do controle da vaquinha do feijoeiro (*Cerotoma tingomarianus*), broca do fruto do abacaxi (*Stymon megarus*), ou ainda no controle da podridão de frutos de banana causada por *Colletotricum musae* em pós-colheita, minimizando o uso de fungicidas convencionais (ANGNES, 2005; ESTRELA *et al.*, 2006; FAZOLIN, *et al.*, 2006; BENCHIMOL; SILVA; VERZIGNASSI, 2008).

A exploração de plantas aromáticas e medicinais da flora nativa pela extração direta nos ecossistemas tropicais (extrativismo) tem levado a reduções drásticas das populações naturais dessas espécies, seja pelo processo predatório de exploração,

seja pelo desconhecimento dos mecanismos de sua perpetuação (REIS; MARIOT; STEENBOCK, 2007). Deste modo, estudos agrônômicos e fitoquímicos subsidiarão o processo de domesticação da *P. hispidinervum* e *P. aduncum*, aqui entendidos como um conjunto de atividades que visam a incorporar uma planta silvestre ao acervo de plantas disponíveis para uso e consumo pelo homem, aparecendo como opção para obtenção de matéria-prima e redução do extrativismo nas formações florestais ou ambientes de ocorrência natural dessas espécies de Piperaceae.

Entre os pontos positivos de um possível aproveitamento das duas espécies citam-se o potencial de ambas quanto à produção de safrol e dilapiol; *P. hispidinervum* ser uma espécie proposta como substituta da planta originalmente fornecedora de safrol no Brasil, a canela sassafrás - *Ocotea pretiosa* (Nees) Mez, cuja exploração está proibida (PIMENTEL *et al.*, 1998); a demanda de empresas brasileiras por safrol, a exemplo da Geroma do Brasil, localizada em Ponta Grossa/PR, que atualmente importa o OE de safrol da China e, por último, geração de renda a partir de um novo recurso não-madeireiro.

Assim, o objetivo geral desta pesquisa foi identificar espécies de *Piper* sp. em remanescente de Floresta Ombrófila Densa no município de Morretes/PR e quantificar os compostos majoritários presentes em seus OEs, e realizar estudos agrônômicos e fitoquímicos de espécies do gênero *Piper*, mais especificamente *P. hispidinervum* (pimenta longa) e *P. aduncum* (pimenta-de-macaco), para produção de safrol e dilapiol, respectivamente.

Para tal, três ações básicas foram consideradas. A primeira, objetivou identificar espécies do gênero *Piper* em remanescentes de Floresta Ombrófila Densa no município de Morretes/PR, litoral paranaense, e prospectar possíveis espécies produtoras de OE. Assim, além de uma revisão bibliográfica sobre a descrição botânica das espécies identificadas e de suas potencialidades de uso, também foram quantificados os compostos majoritários presentes nos seus OEs, incluindo, conforme objetivo proposto, a presença ou não dos constituintes químicos safrol e dilapiol. Em se constatando a presença de tais constituintes, a(s) espécie(s) fariam parte dos experimentos previstos. Tal hipótese se concretizou, e uma das espécies, *P. aduncum*, fez parte de um dos experimentos.

A segunda ação buscou avaliar, para as condições edafoclimáticas do litoral paranaense, município de Morretes/PR, o melhor espaçamento entre plantas e a melhor idade de corte quanto ao desenvolvimento vegetativo, teor, produtividade e

composição do OE da espécie *P. hispidinervum* (pimenta longa). As sementes para produção das mudas e instalação do experimento foram obtidas de espécimes cultivadas no banco de germoplasma da Embrapa Acre, localizado no município de Rio Branco/AC.

Considerando a ausência de estudos sobre técnicas de cultivo da espécie *P. aduncum* nas condições edafoclimáticas do litoral paranaense e a possibilidade de comparar procedências de *P. aduncum* oriundas de biomas distintos como da Amazônia e Mata Atlântica, uma terceira e última ação foi considerada. Neste experimento, também no município de Morretes/PR, avaliou-se o comportamento de duas diferentes procedências de *P. aduncum*, Acre e Paraná, quanto ao desenvolvimento vegetativo, teor, produtividade e composição do OE, submetidas a quatro diferentes idades de corte.

REFERÊNCIAS

AGAREZ, F.V.; RIZZINI, C.M.; PEREIRA, C. **Botânica: taxonomia, morfologia e reprodução dos angiospermae: chaves para determinação das famílias**. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, p.198-99, 1994.

ANDRADE, E.H. de A.; GUIMARÃES, E.F.; MAIA, J.G.S. **Variabilidade química em óleos essenciais de espécies de *Piper* da Amazônia**. Belém: FEQ/UFPA, 2009.

ANGNES, S.I.A. **Isolamento, caracterização química e avaliação da propriedade inseticida do óleo essencial de *Piper amplum* kunth**. 88p. Dissertação (Mestrado em química) – Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2005.

BENCHIMOL, R.L.; SILVA, C.M. da; VERZIGNASSI, J.R. **Utilização de substâncias naturais para o controle de doenças de plantas na região amazônica**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2008. 27p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 346).

BIOTRADE: <http://www.biotrade.org/Regional/Amazon/Consultants%20Area/Assessment%20Studies/Brazil/DraftAssessmentBiotrade.doc>. Acesso em: 20/05/2009.

CAVALCANTE, M. de J. B. (Ed.). **Cultivo de pimenta longa (*Piper hispidinervum*) na Amazônia Ocidental**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2002. 29p. (Embrapa Acre. Sistemas de Produção, 1).

ESTRELA, J.L.V. *et al.* Toxicidade de óleos essenciais de *Piper aduncum* e *Piper hispidinervum* em *Sitophilus zeamais*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, p.217-222, 2006.

FAZOLIN, M. *et al.* **Potencialidades da Pimenta-de-macaco (*Piper aduncum* L.): características gerais e resultados de pesquisa**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2006. 53p. il. Color. (Embrapa Acre. Documentos, 103).

FIGUEIREDO, R.A. de; SAZIMA, M. Pollination Biology of Piperaceae Species in Southeastern Brasil. **Annals of Botany Company**, v.4, n.85, p.455-60, 2000.

GUIMARÃES, E.F.; GIORDANO, L.C.da S. Piperácea no nordeste brasileiro 1: estado do Ceará. **Rodriguésia**, v.55, n.88, p.21-46. 2004.

GUIMARÃES, E.F.; VALENTE, M. da C. **Flora Ilustrada Catarinense: Piperáceas – piper**. Itajaí: Herbário “Barbosa Rodrigues”, 2001. 104p.

MAIA, J.G.S. *et al.* Constituents of the essential oil of L. growing wild in the Amazon region. **Flavour and Fragrance Journal**, v.13, p.269-72, 1998.

MESQUITA, J.M. *et al.* Estudo comparativo dos óleos voláteis de algumas espécies de Piperaceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, São Paulo, v. 15, n.1, p.6-12, 2005.

PIMENTEL, F.A. *et al.* **Recomendações básicas para o cultivo da pimenta longa (*Piper hispidinervium*) no Estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 1998, 14p. (Circular Técnica, 28).

REIS, M.S. dos; MARIOT, A.; STEENBOCK, W. **Diversidade e domesticação de plantas medicinais**. In: SIMÕES, C.M.O., org. Farmacognosia: da planta ao medicamento. 6 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS; Florianópolis: Editora da UFSC, 2007. p.45-74.

SOUZA, V.C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APGII**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2005.

WADT, L. H. de O. **Estrutura genética de populações naturais de pimenta longa (*Piper hispidinervum* C. DC.) visando ao seu uso e conservação.** 2001. 95 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2001.

YUNCKER, T.G. New Piperaceae of Brazil I: *Piper* – Group, I, II, III, IV. **Hoehnea**, v.2, p.19-366, 1972.

YUNCKER, T.G. The Piperaceae of Brazil II: *Piper* – Group V; *Ottonia*; *Pothomorphe*; *Sarcorrhachis*. **Hoehnea**, v.3, p.29-284, 1973.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Plantas do gênero *Piper* possuem grande importância comercial e biológica, principalmente pelo interesse por seus constituintes químicos. Segundo Angnes (2005), estas plantas destacam-se pela produção de OEs, constituindo importante fonte de matéria-prima para diferentes segmentos da indústria química, apresentando propriedades citotóxicas, inseticida ou organoléptica, ampliando seu potencial científico-tecnológico.

Espécies deste gênero são comuns em matas de galeria ou em condições silvestres destacando-se *P. hispidinervum* e *P. aduncum* (CAVALCANTE, 2002; MESQUITA *et al.*, 2005).

A primeira se destaca como produtora de óleo essencial com altos teores de safrol cuja demanda mundial excede três mil toneladas/ano. O Brasil, de maior produtor e exportador de safrol, hoje importa o produto. Trata-se de um constituinte, que por pequenas transformações químicas, gera a heliotropina e o butóxido de piperonila. A heliotropina é matéria-prima para a indústria de fragrância e cosméticos e o butóxido de piperonila é um agente sinérgico nos inseticidas naturais à base de *Piretrum*.

A segunda espécie destaca-se pela produção do dilapiol, principal constituinte do seu óleo essencial, apresentando bons resultados no controle de fitopatógenos de culturas tradicionais.

2.1 *Piper hispidinervum*

Plantas de *P. hispidinervum* (Figura 1) caracterizam-se como arvoretas ramificadas, nodosas, de até 7,0 m de altura. As folhas são oblongo-lanceoladas ou elíptico-oblongas, com ápice atenuadamente acuminado e base inequilateral, lado maior mais arredondado, cordulado, com nervos pouco prensados, pubescentes e margem áspera hispídulosa na direção do ápice, de 3,5 a 5,5 cm de largura e 14,0 a 22,0 cm de comprimento; pedúnculo espesso, pubescente; nervuras em número de 6 de cada lado; o pedúnculo da espiga pode medir de 1,0 a 2,0 cm de comprimento

e é pubescente. Possui espigas curvadas com 2,0 a 3,0 mm de diâmetro e comprimento acima de 10,0 cm. Apresenta brácteas triangular-subpeltadas, estreitamente franjadas; quatro estames; estigmas sésseis; drupas oblongas, obovoides, estreita e com forma de cunha na direção da base, glabra, com ápice truncado (YUNCKER, 1972).



Figura 1 – *P. hispidinervum*: plantas adultas (a); detalhes das folhas e espiguetas (b). Morretes/PR, 2009. Exsicata no Museu Botânico Municipal de Curitiba – MBM - sob nº 347747

Distribui-se na América do Sul, como Peru e Bolívia, acreditando-se que se estenda por toda a Amazônia Brasileira, especialmente no Estado do Acre (OLIVEIRA, 1998). Popularmente conhecida como pimenta longa, apresenta potencial para produção de OE com teor médio entre 3 a 4% em relação à matéria seca, tendo como principal composto o safrol variando de 88 a 95% (WADT, 2001).

A espécie é proposta como substituta da espécie *Ocotea pretiosa* (Nees) Mez, a canela sassafrás do sul do Brasil, e *Cinnamomum micranthum*, o jiangxi do sul da China, que tem fornecido óleos ricos em safrol para o mercado internacional de OEs (MAIA; GREEN; MILCHARD, 1993; LIANGFENG *et al.*, 1993). A produção de safrol na China é obtida pela destilação da madeira dessa espécie da família Lauraceae proveniente do corte de árvores nativas, mas existe o risco de extinção da espécie (BIOTRADE, 2009).

Trata-se de uma planta rústica, muito exigente em água e luz e aparece com frequência em áreas de capoeira (EMBRAPA/AC, 2009).

A espécie, em seu ambiente natural, ocorre preferencialmente no tipo climático Awi, podendo ser encontrada também no tipo Ami, ambos caracterizados por elevado índice pluviométrico anual e um pequeno período seco, com o Awi

apresentando período seco em torno de dois meses consecutivos e índice pluviométrico normalmente inferior a 60 mm em pelo menos um mês (MESQUITA, 1996).

Os solos das áreas de ocorrência natural de *P. hispidinervum* são caracterizados como Argissolos (ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELO Alumínico), de textura argilosa, pouco compactado, com pH variando de 4,8 a 7,1 (AMARAL; PACHECO; PEREIRA, 2000).

Andrade, Guimarães e Maia (2009), aplicando a técnica AHA - Análise Hierárquica de Agrupamento, baseada no teor de óleo essencial das folhas e ramos finos e nos constituintes químicos dos OEs da espécie *P. hispidinervum*, classificaram-na em dois grupos distintos – A e B - segundo o quimiotipo de cada um. A espécie foi representada por doze plantas coletadas em populações no Estado do Pará (Belém e Igarapé Açu), Mato Grosso (Guiratinga) e no Estado do Acre (Bujari, Porto Acre e Rio Branco).

Nas doze amostras estudadas de *P. hispidinervum*, o teor de óleo essencial das folhas e ramos finos variou de 0,9 a 4,8%. Os maiores teores foram observados nas populações do Estado no Acre (4,8%), e os menores teores nas populações do Pará e Mato Grosso (0,9%). Os constituintes principais, variando de 2,0 a 97,0%, foram (*E*) β -ocimeno, biciclogermacreno, pentadecano, terpinoleno, miristicina e safrol. O quimiotipo A, safrol, foi representado por 11 amostras com similaridade de 99,0%, caracterizando-se pelo alto percentual de safrol (72,3 a 97,3%), seguido de terpinoleno (0,1 a 10,5%), pentadecano (0,1 a 8,7%), biciclogermacreno (0,3 a 2,9%) e (*E*) β -ocimeno (0,1 a 2,3%). O quimiotipo B, foi representado pela amostra 12 cujos constituintes principais foram miristicina (71,2%) e safrol (18,4%). Costa (2000) distingue o composto safrol como um éter fenólico do grupo dos arilpropanóides, com fórmula molecular $C_{10}H_{10}O_2$, ponto de ebulição de 232° C a 235° C e que se solidifica a uma temperatura de 11° C. É um líquido levemente amarelado de odor característico, insolúvel em água e solúvel em solventes orgânicos, tais como etanol, clorofórmio e éter etílico (PESCADOR *et al.*, 2000).

Os derivados mais importantes obtidos do safrol são a heliotropina (usada como componente de fragrâncias nas indústrias de cosméticos e perfumarias) e o butóxido de piperonila, que atua como agente sinérgico junto ao piretrum, constituindo-se em importante inseticida de origem natural e biodegradável, sendo a

única formulação autorizada na Europa, Japão e Estados Unidos para controle de pragas no armazenamento e em uso doméstico (MAIA *et al.*, 1998; WADT, 2001).

A demanda por este composto é crescente, e a oferta cada vez mais reduzida. Segundo Maia *et al.* (1987), o Brasil já foi o maior produtor de safrol, obtido do lenho da canela-sassafrás - *Ocotea pretiosa* (Nees) Mez, pertencente à família das Lauráceas, então abundante no Vale do Itajaí no Estado de Santa Catarina. No entanto, devido à exploração extrativista descontrolada e à demanda de mais de 20 anos para tornar-se adulta e ser abatida, fez com que o óleo de sassafrás escasseasse. No Paraná, ela está na categoria das espécies raras (PARANÁ, 1995).

A proibição do governo brasileiro de explorar a canela sassafrás em matas primárias da Floresta Atlântica forçou o Brasil a importar o OE de safrol da China e do Vietnã, mas a produção desses países não atende à demanda internacional.

Diante desta perspectiva, a pimenta longa torna-se uma fonte alternativa, não só pelo alto percentual produtivo de OE e safrol, mas também pela possibilidade de ser explorada de forma não destrutiva, pois o OE se concentra na copa da planta, e esta, após o corte, rebrota tornando seu cultivo uma atividade sustentável. Esta possibilidade tem suscitado a atenção de pequenos e médios produtores na busca de novas opções de renda e também de empresas processadoras desse produto preocupadas com sua disponibilidade a longo prazo, uma vez que o consumo mundial de safrol excede 3 mil toneladas/ano, com preço de US\$ 15,00 o quilo (PIMENTEL; PINHEIRO, 2000b; BIOTRADE, 2009).

A propagação da espécie, desde o início de sua domesticação até hoje, é feita por sementes (CAVALCANTE, 2002). Este processo de propagação é facilitado pelo grande número de sementes por espiguetas, que, segundo Araújo *et al.* (2003), é de aproximadamente 1800. Trata-se, portanto, de uma espécie que se caracteriza pelo tamanho diminuto de suas sementes.

Cavalcante (2002) recomenda de três a quatro sementes por recipiente ou célula de bandeja de poliestireno, e após as plântulas atingirem 2 cm de altura, efetua-se o desbaste, deixando apenas uma plântula, que, posteriormente, será transplantada para o campo.

Estudos sobre a melhor combinação entre densidade de plantas e idade adequada de corte são necessários. A definição dessas combinações, segundo cada região de cultivo, contribuirá para a maximização da produção de biomassa –

folhas – da *P. hispidinervum*, que, juntamente com o teor de óleo essencial nela contido, resultará na produtividade final (BERGO; MENDONÇA; SILVA, 2005).

A densidade de plantio é alterada segundo a distribuição das plantas entre as linhas e dentro delas, sendo um dos fatores que mais influenciam a capacidade de produção de biomassa e, conseqüentemente, a produção. A escolha do melhor espaçamento e da melhor idade de corte para uma determinada espécie não pode ser definida como fixa uma vez que depende, por exemplo, das condições de solo, temperatura, precipitação, latitude e altitude, o que requer avaliações particularizadas para cada situação ou ambiente (BASSOLS, 1979; CORRÊA JÚNIOR; MING; SCHEFFER, 1991; FONTE, 2004).

A alteração no espaçamento de plantio leva a diferenças na densidade de plantas por hectare, que é um importante componente de produtividade dos cultivos e pode garantir maiores produtividades na população como um todo, mesmo que cada indivíduo apresente menor rendimento (BASSOLS, 1979; MONTEIRO, 2009).

A idade das plantas também influencia a produtividade e a composição do OE das plantas aromáticas. Diversos trabalhos relatam que colheitas no período de pleno florescimento são mais recomendadas e que isto pode estar relacionado às reações fisiológicas do metabolismo da planta, influenciadas por sua ontogenia e também pelos aspectos climáticos, tais como temperatura, pluviosidade e umidade (AFLATUNI, 2005; ROHLOFF *et al.*, 2005; MONTEIRO, 2009).

No plantio definitivo da *P. hispidinervum*, Cavalcante (2002), Biasi e Deschamps (2009) recomendam um espaçamento de 1,0 x 1,0 m entre plantas, usando-se uma muda bem desenvolvida por cova para facilitar sua sobrevivência. Justificam que esta densidade de 10.000 plantas por hectare pode ser utilizada visto que as plantas serão podadas com frequência, o que limita o seu crescimento.

Alguns estudos nessa linha foram desenvolvidos na Região Amazônica. Sousa, Ledo e Pimentel (2000; 2001) avaliaram, em Rio Branco/AC, o efeito da densidade de plantio da pimenta longa sobre a produção de matéria seca e OE. Foram testadas 15 densidades de plantio, com espaçamentos variando de 0,30 x 0,30 m até 0,70 x 0,70 m. Os autores constataram que o maior espaçamento (0,70 x 0,70 m) alcançou maior produtividade de massa seca de ramos e folhas com 4.780 kg ha⁻¹ e, conseqüentemente, apresentou maior produtividade de OE, além de favorecer a execução dos tratos culturais, o que não foi verificado nos menores espaçamentos.

Quanto à idade de corte, Silva, Rocha Neto e Figueiredo (2001) recomendam o primeiro corte quando a planta apresentar um desenvolvimento vegetativo satisfatório que irá depender das condições climáticas existentes, principalmente quanto à distribuição regular das chuvas. Os autores observaram que com um suprimento adequado de água, a alocação de matéria seca nas folhas é grande até o sétimo mês após o plantio, quando a planta passa a exportar reservas para a haste principal e que nestas condições o primeiro corte deve ser feito aos 7 meses após o plantio.

Bergo, Mendonça e Silva (2005) avaliaram em dois experimentos realizados no distrito de Extrema/RO o efeito da época e frequência de corte de pimenta longa na produtividade de OE, ambos implantados no espaçamento de 1,0 x 1,0 m entre plantas. No primeiro, foi feito somente um corte, num intervalo de 12 meses, em outubro, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro, março e abril. No segundo, efetuaram-se dois cortes em 12 meses, com intervalo de quatro meses entre o primeiro e o segundo, realizados em outubro/fevereiro, novembro/março e dezembro/abril. Verificaram-se que os cortes efetuados mais próximos do final do período chuvoso março e abril foram os que apresentaram as maiores produtividades de óleo essencial e que o teor de OE em relação à matéria seca das folhas e ramos finos foi maior quando se realizou somente um corte num intervalo de 12 meses. Usando-se como exemplo o tratamento mais produtivo para um corte (abril), a produtividade de matéria verde e seca foi de 12.114 e 3.098 kg ha⁻¹, respectivamente, resultando numa produtividade de 115 kg de OE por hectare. Em um dos melhores tratamentos para dois cortes (dezembro/abril), a produtividade de matéria verde e seca foi de 13.821 e 3.091 kg ha⁻¹ respectivamente, resultando numa produtividade de 93 kg de óleo essencial (BERGO; MENDONÇA; SILVA, 2005). Segundo Cavalcante (2002), em cultivos implantados no espaçamento de 1,0 x 1,0 m, a melhor idade de corte é quando as plantas atingem 1 m de diâmetro de copa com altura de 1,70 m e que tal combinação ocorre aproximadamente aos 12 meses após o plantio definitivo.

A maior concentração do OE está presente nas folhas, em torno de 98%, seguida dos ramos jovens. Folhas e ramos jovens apresentam de 50 a 60% de umidade, que deve ser retirada para a destilação, de forma a não representar riscos de fermentação da biomassa, cujo efeito é prejudicial ao teor e à qualidade do OE (FIGUEIREDO *et al.*, 2004). Assim, o processo de secagem da pimenta longa é uma

das etapas importantes na pós-colheita, pois a extração de OE da biomassa fresca não permite a obtenção de um percentual mínimo de safrol (90%) exigido pelos mercados consumidores para a comercialização. Durante a secagem, a fração química mais volátil do OE é eliminada elevando a concentração de safrol (PIMENTEL; MIRANDA, 2001).

Segundo Biasi e Deschamps (2009), o método utilizado para a extração do OE da pimenta longa é por arraste de vapor d'água. Neste processo, o OE, mais denso que a água, acumula-se no fundo dos vasos separadores.

Vários são os fatores que influenciam a produção e qualidade dos OEs das plantas aromáticas. Entre estes fatores, Sangwan *et al.* (2001), Croteau *et al.* (2000) e Marotti *et al.* (1994) citam os fisiológicos, metabólicos, genéticos e ainda as condições agrônômicas em que a planta é cultivada, como, idade da planta e densidade de plantio, mas complementam que há poucos resultados experimentais para entender e justificar estas influências. Assim, pesquisas sobre o desenvolvimento vegetativo, produtividade e composição do OE de pimenta longa quando submetida a diferentes espaçamentos e idades de corte são necessárias.

Demandas relatadas no Diagnóstico e Perspectivas do Complexo Agroindustrial das Plantas Medicinais, Aromáticas e Condimentares no Estado do Paraná descreve no seu capítulo IV a espécie *P. hispidinervum* como prioritária dentro da estratégia de introdução de germoplasma de espécies exóticas de interesse econômico (CORRÊA JÚNIOR; GRAÇA; SCHEFFER, 2004).

Os autores citam como problema relacionado à produção dessas espécies a pouca disponibilidade de informações técnicas para o cultivo, assim como pouca pesquisa desde o plantio até o produto final.

2.2 *Piper aduncum*

Plantas de *P. aduncum* (Figura 2) são arvoretas de até 8,0 m de altura. As folhas apresentam pecíolo de 0,5 a 2,2 cm de comprimento, lâmina elíptica, ovado-elíptica ou ovado-lanceolada, glandulosa, pilosidade áspera ao tato em ambas as faces, 4,0 a 7,0 cm de largura e 10,0 a 15,0 cm de comprimento com base assimétrico-arredondado-cordada, ápice agudo ou acuminado, escabrosas,

ásperas ao tato em ambas as faces, glandulosas; nervuras secundárias de 6 a 8, dispostas até a metade do comprimento da nervura mediana. Espigas curvas medindo de 3,5 a 9,5 cm de comprimento e de 0,2 a 0,3 cm de diâmetro. O pedúnculo da espiga pode medir de 0,5 a 2,2 cm de comprimento e é pubescente. Apresenta bractéolas triangular-subpeltadas, margens franjadas, quatro estames; drupa obovoide, tri ou tetragonal, glabra com três estigmas sésseis (YUNCKER, 1972; RUSCHEL; WAECHTER, 2004).



Figura 2 – *P. aduncum*: plantas adultas com detalhes das espiguetas (a); detalhes das folhas (b). Morretes/PR, 2009. Exsicata no MBM - Museu Botânico Municipal de Curitiba sob nº 336208

Lorenzi e Matos (2002) relatam que a espécie ocorre em pastagens e beira de matas da região Sudeste do Brasil. Yuncker (1972) descreve a ocorrência desta espécie nos Estados do Pará e Paraná e uma variante, que classificou como *P. aduncum* – var. *cordulatum*, ocorrendo nos Estados do Amazonas, Mato Grosso e Rio de Janeiro. Gottlieb *et al.* (1981) subdividiram a espécie em duas variedades: a variedade *cordulatum*, encontrada no Estado do Amazonas, e a variedade *aduncum*, encontrada no Estado do Pará. Para esta diferenciação, o autor baseou-se no teor de OE e percentual de dilapiol das variedades *cordulatum* e *aduncum*: 3,5% e 88,4%; 1,4% e 74,5%, respectivamente.

Em 1992, a espécie foi relatada como de ocorrência no Estado do Acre. A constatação foi por ocasião do zoneamento e caracterização de habitats naturais das pimentas longas no Estado, feitos pelos pesquisadores do Museu Goeldi e da Embrapa Acre. Como resultado desse trabalho, foram encontradas e coletadas, além da *P. hispidinervum*, outras espécies da família Piperaceae, destacando-se *P.*

aduncum, pela sua abundância nos Vales dos Rios Juruá e Purus, ocorrendo em menor quantidade no Vale do Rio Acre.

A coleta de *P. aduncum* se deu mais em função da acentuada semelhança botânica com a espécie *P. hispidinervum*. Segundo Fazolin *et al.* (2006) as diferenças entre elas se concentram nas características foliares. *P. aduncum* possui folhas elípticas ou lanceoladas com base redonda, ásperas na face adaxial e pubescentes nas faces abaxiais e adaxial, o que não ocorre com *P. hispidinervum*.

Em estudos posteriores, a partir de 1994, quando a Embrapa Acre e a Embrapa Amazônia Oriental iniciaram um projeto de domesticação e estabelecimento de um sistema de produção agroindustrial para pimenta longa (OLIVEIRA; LUNZ, 1996), a pimenta-de-macaco começou a fazer parte dos estudos, sendo incluída como componente das coleções de germoplasma. Destacou-se nos testes fitoquímicos realizados, não como produtora de safrol, característica da *P. hispidinervum*, mas pela elevada concentração de dilapiol. Trata-se de um componente que aparece como constituinte principal do seu OE, variando de 58% a 88,4% (SMITH; KASSIM, 1979; GOTTLIEB *et al.*, 1981), ou ainda de 31,5% até 97,3%, segundo Maia *et al.* (1998).

Descrições da espécie *P. aduncum* vegetando em diferentes países indicam também o dilapiol como constituinte majoritário, com percentuais 64,5% na Malásia (JANTAN *et al.*, 1994); 90,0% no Panamá (GUPTA *et al.*, 1983); e 58,0% em Fuji (SMITH; KASSIM, 1979). Para exemplares coletados em dois locais diferentes da Costa Rica (Turrialba e San José), os constituintes majoritários foram dilapiol (37,1; 61,8%), piperitona (11,1%; 2,2%), 1,8-cineol (0,1%; 5,8%) e 4-terpineol (4,4%; 1,6%), respectivamente (CICCIÓ; BALLESTERO, 1997).

Mesquita *et al.* (2005), estudando o óleo volátil de *P. aduncum* de populações coletadas no Parque Estadual de Rio Doce (Mata Atlântica), não encontraram este composto como majoritário, e sim o E-nerolidol com 14,2%.

Teixeira (2003), analisando a mesma espécie com material vegetal coletado no Parque Estadual Vila Rica, no município de Fênix-PR, não encontrou o composto E-nerolidol nas análises dos OEs de folhas e frutos da espécie, mas constatou, como Maia *et al.* (1998), a presença do dilapiol como composto majoritário, variando de 33% a 62%.

Gaia *et al.* (2004), estudando 18 acessos de *P. aduncum* coletados em quatro municípios da Amazônia Brasileira, concluíram por uma real diversidade entre as

populações examinadas, sendo provável que, dentro das localidades investigadas, os padrões da diversidade genética acompanhem os padrões de distribuição geográfica. Redig *et al.* (2002a) comprovaram esta tendência examinando caracteres relacionados com a germinação de sementes de pimenta-de-macaco de diferentes procedências, descobrindo variabilidade entre elas. Já Redig *et al.* (2002b), investigando clones de uma mesma procedência, não detectaram variabilidade genética nos caracteres morfológicos e fitoquímicos tomados para análise.

Lameira *et al.* (2008) observaram em experimento no Estado do Amazonas, usando sementes de *P. aduncum* de populações naturais daquele Estado, que havia diferenças morfológicas na espécie, conforme o local de ocorrência, e que alguns indivíduos apresentavam caules mais avermelhados, e outros apresentavam folhas mais ou menos ásperas.

Vieira e Simon (2000) relatam situação semelhante em estudos com manjerição (*Ocimum basilicum* L.) quando relacionaram a composição química com área de ocorrência da espécie, demonstrando a existência de variação genética entre plantas de diferentes populações.

A variabilidade na produção e no teor de OEs é conhecida por ser afetada pela existência de variabilidade genética entre a espécie, mas outros fatores podem interferir como a disponibilidade de luz, de nutrientes, estação do ano, período do dia, ciclo e parte da planta (CARVALHO FILHO *et al.*, 2006).

Andrade, Guimarães e Maia (2009), aplicando a técnica AHA - Análise Hierárquica de Agrupamento, baseada no teor de OE das folhas e ramos finos e nos constituintes químicos dos OEs da espécie *P. aduncum*, classificou-a em quatro grupos distintos - A, B, C e D - segundo o quimiotipo de cada um. A espécie foi representada por vinte plantas coletadas em Belém, Benfica, Medicilândia, Melgaço, Parauapebas, Goianésia do Pará, Santarém (Pará), Manaus (Amazonas), Xambioá, Luzinópolis (Tocantins), Carolina (Maranhão), Serra do Navio (Amapá) e Chapada dos Guimarães (Mato Grosso). Nas vinte e uma amostras estudadas, o teor de OE das folhas e ramos finos variou de 1,1 a 4,0%. Os maiores teores foram observados nas plantas coletadas em Manaus (2,4 a 4,0%) e Carolina (2,8%); e os menores teores, nas plantas coletadas em Parauapebas (1,1%), Belém (1,2%) e Goianésia do Pará (1,2%). Os constituintes químicos principais, variando de 5,0 a 96,2%, foram: β -

ocimeno, γ -terpineno, limoneno, miristicina, 4-terpineol, piperitona, safrol, asaricina e dilapiol.

Fundamentados nos constituintes químicos dos OEs, os autores agruparam as 21 plantas de *P. aduncum* em quatro grupos - A, B, C e D. O quimiotipo A, dilapiol, com 14 amostras, foi caracterizado pelo alto percentual do arilpropanoide dilapiol (57,6 a 96,2%), seguido de piperitona (0,5 a 7,5%). O quimiotipo B, dilapiol + piperitona, com duas amostras, apresentou como constituintes principais o dilapiol (31,0%; 49,4%), a piperitona (13,5%; 14,6%), seguida de 4-terpineol (7,2%; 10,8%), γ -terpineno (6,3%; 7,0%) e limoneno (3,8%; 5,1%). O quimiotipo C, piperitona + asaricina, com três amostras, apresentou como constituintes principais a piperitona (13,0 a 14,2%) e a asaricina (10,2 a 12,5%), seguidas de miristicina (7,2 a 9,9%), 4-terpineol (8,0 a 9,0%) e γ -terpineno (5,2 a 7,0%). O quimiotipo D, asaricina + safrol, com duas amostras, os principais constituintes foram os arilpropanoides asaricina (56,4%; 79,9%) e safrol (27,8%; 16,5%).

A similaridade entre os grupos A e B foi de 91,0%, ou seja, o arilpropanoide dilapiol foi o constituinte que caracterizou esses dois grupos. Entre os grupos C e D foi de 68%, enquanto a similaridade entre as duas classes formadas por A-B e C-D foi de 47,0%.

O interesse pela utilização dessa espécie está no seu uso na medicina tradicional como analgésico, antiinflamatório, antibacteriano e digestivo, entre outros, com potencial para ocupar espaço na medicina científica, a exemplo do fitoterápico antimicótico dermodilapiol, sob registro da Anvisa (OLIVEIRA *et al.*, 2005), ou ainda uma patente da mistura do OE de *P. aduncum* com parafina com efeito inseticida nos mosquitos *Aedes aegypti* e *Anopheles* (BASTOS, 2004).

Além do uso medicinal, outras possibilidades, talvez mais expressivas, estão na utilização do OE para elaboração de produtos para o controle de pragas e doenças de interesse agropecuário. O OE de *P. aduncum* e seu constituinte majoritário, dilapiol, possuem várias atividades biológicas (BENCHIMOL, SILVA; VERZIGNASSI, 2008). Entre estas atividades, cita-se o efeito inseticida em *Sitophilus zeamais*, praga que infesta grãos de cereais armazenados no Brasil, principalmente milho, arroz e trigo (ESTRELA *et al.*, 2006); em adultos de *Ceratomyxa tingomarianus*, importante desfolhador de leguminosas da Amazônia (FAZOLIN *et al.*, 2005); e sobre *Tenebrio molitor*, cujas larvas destroem farinhas, rações, macarrão etc. (FAZOLIN *et al.*, 2007). Efeito fungicida foi relatado por Bastos e Albuquerque (2004) visando

controlar a podridão dos frutos da banana na pós-colheita. Estes autores avaliaram o efeito do OE de pimenta-de-macaco e detectaram que o melhor desempenho foi obtido com o óleo a 1%, com resultado semelhante ao uso do fungicida benomil, concluindo que, além de ser um produto biológico natural, apresenta potencial de uso para o controle da podridão de frutos de banana causada por *Colletotricum musae* em pós-colheita, com a vantagem de minimizar o uso de fungicidas convencionais, de preservar o meio ambiente e de proteger a saúde do consumidor.

Segundo Potzernheim, Bizzo e Vieira (2006), quando se pensa na coleta de plantas medicinais e aromáticas, deve-se reconhecer a importância dos estudos agrônômicos, químicos e farmacológicos, nos quais se tenta avaliar e melhorar a capacidade destas plantas de produzir determinado constituinte químico. Reis, Mariot e Steenbock (2007) destacam que um elemento fundamental a ser considerado no cultivo de plantas aromáticas é a necessidade de se associar à produção de biomassa a qualidade da planta como matéria-prima e que, nesse sentido, é preciso almejar uma produtividade ótima, não só de biomassa, mas também do(s) princípio(s) ativo(s) que tornam a planta uma espécie de interesse.

Estes autores reforçam a importância, quando do cultivo de uma espécie, da necessidade de um estudo prévio de avaliação geográfica em relação à produção de substâncias de interesse. E que além desta variabilidade química, em função de diferentes ambientes, é essencial ainda considerar as variações decorrentes de diferenças genéticas, que são fundamentais para uma abordagem posterior para domesticação e melhoramento das espécies de interesse.

Segundo Clement (1999), a domesticação de uma espécie pode ser considerada um processo gradativo que vai desde a exploração das populações naturais de plantas em seu ambiente original até uma monocultura com um único genótipo.

Um exemplo de aproveitamento da variabilidade genética de plantas, influenciando nos seus compostos secundários é citado por Simon *et al.* (1999), quanto ao manjeriço (*Ocimum basilicum* L.), do qual existem mais de 40 tipos descritos, a maioria comercializada nos Estados Unidos e Europa, com fins culinários, ornamentais e aromáticos. Estas variedades foram selecionadas por muitos anos, para diferentes propósitos. A seleção de diferentes aromas em alfavacas buscando espécies de interesse para a indústria de cosméticos e higiene também levou à formação de quimiotipos ricos em certos compostos, sendo

denominados em função de seus altos percentuais de linalol, metilchavicol, eugenol, citral, entre outros (SIMON *et al.*, 1999).

Alguns estudos sobre época de colheita foram realizados para a espécie *P. hispidinervum*, na Região Amazônica. Embora as semelhanças botânicas entre as espécies *P. hispidinervum* e *aduncum* sejam grandes, há que se considerar que cada espécie tem suas características próprias que podem variar grandemente em função de variações genéticas e ambientais, entre outras (SANGWAN *et al.*, 2001; FIGUEIREDO *et al.*, 2008).

REFERÊNCIAS

AFLATUNI, A. **The yield and essential content of mint (*Mentha spp*) in northern Ostrobothnia**. 50 f. Dissertação (Mestrado em Biologia) – Departamento de Biologia Universidade de Oulu, Finlândia. Oulu, 2005.

AMARAL, E.F. do; PACHECO, E.P.; PEREIRA, J.B.M. **Aptidão natural para o cultivo de pimenta longa (*Piper hispidinervum*) no Estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2000. 4p. (Instruções Técnicas, 32).

ANDRADE, E.H. de A.; GUIMARÃES, E.F.; MAIA, J.G.S. **Variabilidade química em óleos essenciais de espécies de *Piper* da Amazônia**. Belém: FEQ/UFPA, 2009.

ANGNES, S.I.A. **Isolamento, caracterização química e avaliação da propriedade inseticida do óleo essencial de *Piper amplum kunth***. 88p. Dissertação (Mestrado em química) – Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2005.

ARAÚJO, J. S. de. *et al.* Caracterização e avaliação da coleção de pimenta longa da Embrapa Acre. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 2., 2003, Porto Seguro. Melhoramento e qualidade de vida: **Anais**. Porto Seguro: SBMP, 2003.

BASSOLS. M. do C. Densidade de plantio em pessegueiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 5., 1979, Pelotas. **Anais...** Pelotas: SBF, p.1015-1029, 1979.

BASTOS, C.N. **Larvicidal insecticides effective against *Aedes aegypti* and *Anopheles mosquitoes* from the oil of *Piper aduncum* mixed with paraffins.** Patent nº BR 2002003592. 17.08.2004.

BASTOS, C.N.; ALBUQUERQUE, P.S.B. Efeito do óleo de *Piper aduncum* no controle em pós-colheita de *Colletotricum musae* em banana. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.29, p.555-557, 2004.

BENCHIMOL, R.L.; SILVA, C.M. da; VERZIGNASSI, J.R. **Utilização de substâncias naturais para o controle de doenças de plantas na região amazônica.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2008. 27p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 346).

BERGO, C. L.; MENDONÇA, H. A. de; SILVA, M. R. da. Efeito da época e frequência de corte de pimenta longa (*Piper hispidinervum* C. DC.) no rendimento de óleo essencial. **Acta Amazonica**, v. 35, n. 2, p.111-117, 2005.

BIASI, L.A.; DESCHAMPS, C. **Plantas aromáticas: do cultivo à produção de óleo essencial.** 1. ed. Curitiba: Layer Studio Gráfico e Editora Ltda, 2009.

BIOTRADE: <http://www.biotrade.org/Regional/Amazon/Consultants%20Area/Assessment%20Studies/Brazil/DraftAssessmentBiotrade.doc>. Acesso em: 20/05/2009.

CARVALHO FILHO *et al.* Influence of the harvesting time, temperature and drying periodo on basil (*Ocimum basilicum* L.) essential oil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, São Paulo, v. 16, n.1, p.24-30, 2006.

CAVALCANTE, M. de J. B. (Ed.). **Cultivo de pimenta longa (*Piper hispidinervum*) na Amazônia Ocidental.** Rio Branco: Embrapa Acre, 2002. 29p. (Embrapa Acre. Sistemas de Produção, 1).

CICCIÓ, J.F.; BALLESTERO, C.M. Constituyentes volátiles de las hojas y espigas de *Piper aduncum* (Piperaceae) de Costa Rica. **Revista Biológica tropical**, San Jose, v.45, p.783-790, 1997.

CLEMENT, C. 1492 and the loss of amazonian crop genetic resources. I. The relation between domestication and human population decline. **Economic Botany**, New York, v. 53, n.2, p.188-202, 1999.

CORRÊA JÚNIOR, C.; GRAÇA, L.R.; SCHEFFER, M.C. Produção de plantas medicinais, condimentares e aromáticas no Estado do Paraná. In: CORRÊA

JUNIOR, C.; GRAÇA, L. R.; SHEFFER, M. C. (Org.). **Complexo agroindustrial das plantas medicinais, aromáticas e condimentares no estado do Paraná: diagnóstico e perspectivas**. Curitiba: Sociedade Paranaense de Plantas Medicinais: Emater: Embrapa Florestas, p.48-68, 2004.

CORRÊA JÚNIOR, C.; MING, L. G.; SCHEFFER, M. C. **Cultivo de plantas medicinais condimentares e aromáticas**. Curitiba: EMATER, 1991. 151p.

COSTA, P.R.R. Safrol e eugenol: estudo da reatividade química e uso em síntese de produtos naturais biologicamente ativos e seus derivados. **Química Nova**, v.23, n.3, p.357-369, 2000.

CROTEAU, R. et al. Natural products (secondary metabolites). In: BUCHANAM, B.B. et al. **Biochemistry & molecular biology of plants**. Rockville: Courier Companies, p.1250-1318, 2000.

EMBRAPA/AC – Pimenta longa. Centro de informação de Pimenta longa. Disponível em: <http://www.embrapa.br/pimentalonga/> Acesso em: 29/06/2009.

ESTRELA, J.L.V. et al. Toxicidade de óleos essenciais de *Piper aduncum* e *Piper hispidinervum* em *Sitophilus zeamais*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, p.217-222, 2006.

FAZOLIN, M. et al. Propriedade inseticida dos óleos essenciais de *Piper hispidinervum* C.DC.; *Piper aduncum* L. e *Tanaecium noctorium* (Barb. Rodr.)Bur. & K. Shum sobre *Tenebrio molitor* L., 1758. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 31, p.113-120, 2007.

FAZOLIN, M. et al. Toxicidade do óleo de *Piper aduncum* L. a adultos de *Cerotoma tingomarianus* (Coleóptera: Chrysomelidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 34, n.3, p.485-489, 2005.

FAZOLIN, M. et al. **Potencialidades da Pimenta-de-macaco (*Piper aduncum* L.): características gerais e resultados de pesquisa**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2006. 53p. il. Color. (Embrapa Acre. Documentos, 103).

FIGUEIREDO, A.C. et al. Factors affecting secondary metabolite production in plants: volatile components and essential oils. **Flavour and Fragrance Journal**, J. Chichester, v.23, p.213-226, 2008.

FIGUEIREDO, F.J.C. *et al.* **Secagem da biomassa aérea de pimenta longa sob condições de laboratório e de campo.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2004. 45p. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 32).

FONTE, N. N. da. A complexidade das plantas medicinais: enfoque farmacêutico. In: CORRÊA JUNIOR, C.; GRAÇA, L. R.; SHEFFER, M. C. (Org.). **Complexo agroindustrial das plantas medicinais, aromáticas e condimentares no estado do Paraná: diagnóstico e perspectivas.** Curitiba: Sociedade Paranaense de Plantas Medicinais: Emater: Embrapa Florestas, p.24-45, 2004.

GAIA, J.M.D. *et al.* Similaridade genética de populações naturais de pimenta-de-macaco por análise de RAPD. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n.4, 2004.

GOTTLIEB, O.R. *et al.* Óleos essenciais da Amazônia VII. **Acta Amazonica**, Manaus, v.11, p.143-148, 1981.

GUPTA, M.P. *et al.* The composition of the essential oil of *Piper aduncum* L. from Panamá. **Revista Latinoamericana de Química**, México, v.14, p.35-36, 1983.

LORENZI, H.; MATOS, F.J. de A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas cultivadas.** Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002.

JANTAN, I. *et al.* A comparative study of the essential oils of five *Piper* species from Peninsular Malasya. **Flavour and Fragrance Journal**, J. Chichester, v. 9, p.339-342, 1994.

LAMEIRA, R. das C. *et al.* Produção de biomassa e teor de óleo essencial de pimenta-de-macaco (*Piper aduncum* L.) em função de diferentes espaçamentos. In: ANAIS DA IV JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DE EMBRAPA AMAZÔNIA OCIDENTAL, 2008, Manaus. **Anais...** 2008. p.84-91.

LIANGFENG, Z. *et al.* **Aromatics plants and essential constituents.** Hong Kong: Hai Feng, 1993.

MAIA, J. G.S. *et al.* Espécies de *Piper* da Amazônia ricas em safrol. **Química Nova**, v. 10, n. 3, p.200-204, 1987.

MAIA, J.G.S. *et al.* Constituents of the essential oil of L. growing wild in the Amazon region. **Flavour and Fragrance Journal**, v.13, p.269-72, 1998.

MAIA, J.G.S.; GREEN, C.L.; MILCHARD, M.J. New source of natural safrole. **Perfumer & Flavorist**, v.18, p.19-23, local,1993.

MAROTTI, M. *et al.* Effects of planting time and mineral fertilization on peppermint (*Mentha x piperita* L.) essential oil composition and its biological activity. **Journal of Flavour na Fragrance**. n.9, p.125-129, 1994.

MESQUITA, C.C. de. **O clima no Estado do Acre**. Rio Branco, AC: IMAC, 1996. 53p.

MESQUITA, J.M. *et al.* Estudo comparativo dos óleos voláteis de algumas espécies de Piperaceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, São Paulo, v. 15, n.1, p.6-12, 2005.

MONTEIRO, R. **Desenvolvimento de menta e produção de óleo essencial sob diferentes condições de manejo**. 81 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

OLIVEIRA, L.C.P. *et al.* Quantitative HPLC analysis of some marker compounds of hydroalcoholic extract of *Piper aduncum*. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v.16, p.1439-1442, 2005.

OLIVEIRA, M. N.; LUNZ, A. M. P. **Coleta, conservação, caracterização e avaliação de genótipos de pimenta longa (*Piper hispidinervum*) no Estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa-CPAF/AC, 1996. 3 p. (Embrapa-CPAF/AC. Pesquisa em Andamento, 86).

OLIVEIRA, M.N. **Protocolo de avaliação isoenzimática para a Pimenta longa (*Piper hispidinervum*)**. Acre: EMBRAPA/ACRE, n.12, dez/1998, 4p. (Série Instruções Técnicas).

PARANÁ. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. **Lista vermelha de plantas ameaçadas de extinção no Estado do Paraná**. Curitiba: Sema: GTZ, 1995. 139p.

PESCADOR, R. *et al.* Biotecnologia da *Piper hispidinervum* – Pimenta longa. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, v. 15, p.18-23, 2000.

PIMENTEL, F.A.; PINHEIRO, P.S.N. **Mapeamento e caracterização de habitats naturais de pimenta longa (*Piper hispidinervum*) no município de Brasileia**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2000b. 20p. (Embrapa Acre. Boletim de Pesquisa, 28).

PIMENTEL, F.A.; MIRANDA, E.M. de. Eficiência de secadores solares com diferentes tipos de cobertura na secagem da biomassa de pimenta longa. In: PIMENTEL, F. A.; ROCHA NETO, O. da. **Workshop de encerramento do projeto de desenvolvimento de tecnologias para produção de safrol a partir de pimenta longa (*Piper hispidinervum*)**. Rio Branco: Embrapa Acre. 2001.p.153-158. (Embrapa Acre. Documentos, 75).

POTZERNHEIM, M.C.L.; BIZZO, H.R.; VIEIRA, R.F. Análise dos óleos essenciais de três espécies de *Piper* coletadas na região do Distrito Federal (Cerrado) e comparação com óleos de plantas procedentes da região de Paraty, RJ (Mata Atlântica). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, São Paulo, v.16, n.2, p.246-251, 2006.

REDIG, M.S.F. *et al.* Estimativas de parâmetros genéticos para a germinação de sementes de *Piper aduncum* L. (pimenta-de-macaco). In: Seminário de iniciação científica da FCAP. 12., 2002, Belém. **Anais...** Belém, 2002a.

REDIG, M.S.F. *et al.* Estimativas de parâmetros genéticos de clones de *Piper aduncum* L. (pimenta-de-macaco). In: Seminário de iniciação científica da FCAP. 12., 2002, Belém. **Anais...** Belém, 2002b.

REIS, M.S. dos; MARIOT, A.; STEENBOCK, W. **Diversidade e domesticação de plantas medicinais**. In: SIMÕES, C.M.O., org. Farmacognosia: da planta ao medicamento. 6 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS; Florianópolis: Editora da UFSC, p.45-74, 2007.

ROHLOFF, J. *et al.* Effect of harvest time and drying method on biomass production, essential oil yield and quality of peppermint (*Mentha x piperita* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. n. 53, p.4143-4148, 2005.

RUSCHEL, D.; WAECHTER, J.L. O gênero *Piper* L. (Piperaceae) no Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v.2, n.2, p.103-25, 2004.

SANGWAN, N.S. *et al.* Regulation of essential oil production in plants. **Plant Growth Regulation**, v. 34, p.3-21, 2001.

SILVA, E.S.A.; ROCHA NETO, O.G. da; FIGUEIREDO, F.J.C. Crescimento e produção de óleo essencial de pimenta longa (*Piper hispidinervum*) C.DC.) sob diferentes condições de manejo, no município de Igarapé-Açu, PA. In: PIMENTEL, F. A.; ROCHA NETO, O. da. **Workshop de encerramento do projeto de desenvolvimento de tecnologias para produção de safrol a partir de pimenta**

longa (*Piper hispidinervum*). Rio Branco: Embrapa Acre. 2001.p.90-95. (Embrapa Acre. Documentos, 75).

SIMON, J.E. *et al.* **Basil: a source of aroma compounds and a popular culinary and ornamental herb**. In: JANICHK, J. (Ed.). Perspectives on new crops and new uses. Alexandria: ASHS Press, p.499-505, 1999.

SMITH, R.M.; KASSIM, H. The essential oil of *Piper aduncum* from Fuji. **New Zealand Journal of Science**, Wellington, v.22, p.127-128, 1979.

SOUSA, M. de M. M.; LÉDO, F. J. da S.; PIMENTEL, F. A. Efeito da adubação e do calcário na produção de matéria seca e de óleo essencial de pimenta longa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 3, p.405-409, 2001.

SOUSA, M. de M. M.; LÉDO, F. J. da S.; PIMENTEL, F. A. **Produção de matéria seca e óleo essencial de pimenta longa (*Piper hispidinervum*) em função da densidade de plantio**. [Rio Branco: Embrapa Acre, 2000]. (não publicado).

TEIXEIRA, S.D. **Estudo Fitoquímico de *Piper gaudichaudianum* e sua interação com Morcegos Frugíveros**. 164 f. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

VIEIRA, R.F.; SIMON, J.E. Chemical characterization of basil (*Ocimum* spp.) found in the markets and used in traditional medicine in Brazil. **Economic Botany**, New York, v.54, n.2, p.207-216, 2000.

WADT, L. H. de O. **Estrutura genética de populações naturais de pimenta longa (*Piper hispidinervum* C. DC.) visando ao seu uso e conservação**. 2001. 95 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2001.

YUNCKER, T.G. New Piperaceae of Brazil I: *Piper* – Group, I, II, III, IV. **Hoehnea**, v.2, p.19-366, 1972.

3 IDENTIFICAÇÃO, DESCRIÇÃO E POTENCIALIDADES DE USO DE *Piper* sp. NO MUNICÍPIO DE MORRETES NO PARANÁ

RESUMO

Este trabalho mostra o resultado do levantamento das espécies do gênero *Piper* de ocorrência natural em remanescente de Floresta Ombrófila Densa localizadas em Morretes (Paraná, Brasil). O objetivo foi contribuir para o conhecimento da diversidade e potencialidades de usos destas espécies e identificar possíveis espécies produtoras dos compostos safrol e dilapiol. Estão incluídas ilustrações das espécies identificadas, descrições, caracterização do habitat, distribuição geográfica, usos e aplicações e os compostos majoritários presentes nos seus óleos essenciais (OEs) incluindo safrol e dilapiol. Foram identificadas oito espécies - *P. aduncum* L., *P. cernuum* Vell., *P. dilatatum* Rich, *P. gaudichaudianum* Kunth, *P. glabratum* Kunth, *P. lindbergii* C. DC., *P. solmsianum* C. DC. e *P. umbellatum* L. - representando 34% das espécies reportadas como de ocorrência no Paraná. Dessas espécies, sete são citadas como de uso constante na medicina tradicional, especialmente como analgésico, anti-inflamatório, antibacteriano e digestivo. São elas *P. aduncum*, *P. cernuum*, *P. gaudichaudianum*, *P. glabratum*, *P. lindbergii*, *P. solmsianum* e *P. umbellatum*. Quatro apresentam potencialidade de emprego na elaboração de produtos para o controle de pragas de interesse agropecuário: *P. aduncum*, *P. dilatatum*, *P. lindbergii* e *P. solmsianum*. A espécie *P. aduncum* é a que apresenta maior uso potencial por ser fonte de dilapiol.

Palavras-chave: Piperácea. Planta aromática. Planta medicinal. Floresta tropical. Produtos florestais não madeiráveis.

3 IDENTIFICATION, DESCRIPTION AND POTENTIAL USE OF *Piper* sp. IN THE MUNICIPALITY OF MORRETES IN PARANÁ

ABSTRACT

This work presents the results from a survey on species from the genus *Piper* of natural occurrence in the remaining Dense Ombrophilous Forest located in Morretes (Paraná, Brazil). The objective was to contribute to the knowledge of the species diversity and their potential use as well as to identify possible producer species of the safrole and dillapiol compounds. Illustrations of the identified species, descriptions, habitat characterization, geographic distribution, uses and applications, and compounds present in their essential oils (EOs) including safrole and dillapiol are included. Eight species were identified - *P. aduncum* L., *P. cernuum* Vell., *P. dilatatum* Rich, *P. gaudichaudianum* Kunth, *P. glabratum* Kunth, *P. lindbergii* C. DC. *P. solmsianum* C. DC. and *P. umbellatum* L. - representing 34% of all species reported as occurring in Paraná. Out of all these species, seven are quoted as of constant use in traditional medicine, especially as analgesic, anti-inflammatory, antibacterial and digestive (*P. aduncum*, *P. cernuum*, *P. gaudichaudianum*, *P. glabratum*, *P. lindbergii*, *P. solmsianum* and *P. umbellatum*). Four species present potential usefulness in the development of products for the control of pests of agricultural interest: *P. aduncum*, *P. dilatatum*, *P. lindbergii* and *P. solmsianum*. The species *P. aduncum* presents the greater potential for being used because it is a source of dillapiol.

Keywords : Piperaceae. Aromatic plant. Medicinal plant. Rainforest. Non-timber forest products.

3.1 INTRODUÇÃO

Plantas da família Piperaceae são bastante comuns nas formações florestais brasileiras, particularmente em Floresta Ombrófila Densa. São descritas por Souza e Lorenzi (2005) como pequenas árvores, frequentemente epífitas ou lianas. Piperaceae, nome latino proveniente do grego *peperi*, que por sua vez se origina do árabe *babary* – pimenta-do-reino. É considerada uma das mais numerosas famílias das dicotiledôneas (REITZ, 1978; PARMAR *et al.*, 1997) com aproximadamente 2.000 espécies.

Dados disponíveis sobre sua composição química caracterizam-na como uma família aromática cujos metabólitos demonstram grande potencial bioativo (SIMÕES; SPITZER, 2007).

No gênero *Piper*, um dos mais importantes entre os 5 desta família, encontram-se aproximadamente 700 espécies distribuídas em regiões tropicais e subtropicais do mundo inteiro (FIGUEIREDO; SAZIMA, 2000). Trata-se de um gênero de grande importância comercial e biológica, principalmente pelo interesse químico por seus compostos.

Segundo Angnes (2005), plantas deste gênero destacam-se pela produção de óleo essencial, constituindo importante fonte de matéria-prima para diferentes segmentos da indústria química. O OE *in natura* pode ainda apresentar propriedades citotóxicas, inseticidas ou organolépticas, ampliando seu potencial científico-tecnológico.

Várias são as espécies que se destacam neste gênero, entre elas *Piper nigrum*, usada como condimento e conhecida popularmente como pimenta-do-reino ou ainda *Piper hispidinervum* e *Piper aduncum* como produtoras de OE com altos percentuais de safrol e dilapiol (WADT, 2004; BIOTRADE, 2009; ANDRADE; GUIMARÃES; MAIA, 2009).

Outras espécies também se destacam como de uso constante na medicina tradicional como analgésico, anti-inflamatório, antibacteriano e digestivo, e algumas são citadas com potencial para ocupar espaço na medicina científica (ROIG e MESA, 1988; DI STASI *et al.*, 2002; NÚÑEZ *et al.*, 2005; WANG *et al.*, 2005; BATISTA *et al.*, 2008)

No Estado do Paraná, Yuncker (1972 e 1973) relata a ocorrência de vinte e três espécies a saber: *Piper aduncum* L.; *Piper arboreum* Aubl.; *Piper cernuum* Vell.; *Piper dilatatum* Rich; *Piper gaudichaudianum* Kunth; *Piper glabratum* Kunth; *Piper hatschbachii* Yunck.; *Piper hemmendorffii* C.DC.; *Piper hispidum* Kunth; *Piper lanceatum* A.Dietr.; *Piper lhotzkyanum* Kunth; *Piper lindbergii* C. DC.; *Piper macedoi* Yunck.; *Piper malacophyllum* C.DC.; *Piper mikanianum* Steud.; *Piper mollicomum* Kunth; *Piper mosenii* C.DC.; *Piper piritubanum* Yunck.; *Piper regnellii* C.DC.; *Piper richardiifolium* Kunth; *Piper solmsianum* C. DC.; *Piper umbellatum* L.; *Piper xylosteoides* Steud.

Este trabalho teve como objetivo identificar espécies de *Piper* sp. em remanescente de Floresta Ombrófila Densa no município de Morretes/PR e quantificar os compostos majoritários presentes em seus OEs, incluindo, conforme objetivo geral proposto, a presença ou não dos constituintes químicos safrol e dilapiol. Complementarmente, foi conduzida uma revisão bibliográfica da descrição botânica, principais características e potencialidade de uso de cada uma delas.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O levantamento florístico foi realizado no mês de janeiro de 2007 em remanescente de Floresta Ombrófila Densa, numa área de 12 hectares, pertencente à empresa Solar Paisagismo Ltda., município de Morretes/PR (Figura 3).



Figura 3 - Localização da área do levantamento florístico das espécies do gênero *Piper* (Piperaceae) Solar Paisagismo Ltda. (25° 25' 51,3" S e 48° 52' 37,7" W.) Morretes/PR, 2007.

Esta região é caracterizada por clima do tipo Cfa, conforme classificação de Köepen, que corresponde a clima subtropical; temperatura média do mês mais frio inferior a 18° C (mesotérmico) e temperatura média no mês mais quente acima de 22° C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida. Os índices pluviométricos do município são elevados, com média em torno de 2000 mm anuais e temperatura média anual de aproximadamente 25° C (IAPAR, 1994). O solo da região recebe classificação de *CAMBISSOLOS FLÚVICOS Tb Distróficos típicos* (EMBRAPA, 2006).

A coleta foi realizada em caminhadas aleatórias na parte plana da área escolhida. Esta área de coleta representa aproximadamente 70% da área total de 12 hectares. Não foi feita coleta na faixa de encosta e na serra contígua. No momento da coleta, foi observado o comportamento dos indivíduos no seu habitat, estádios de floração e local de ocorrência. O material coletado foi devidamente herborizado e incorporado ao Herbário do Museu Botânico Municipal (MBM) em Curitiba (PR). A identificação das espécies foi realizada pelo Dr. h.c. Gerdt G. Hatschbach e seguiu os padrões de taxonomia clássica como do sistema Cronquist de classificação para plantas. De modo a fornecer subsídios para análise exploratória da potencialidade das espécies, realizou-se busca junto a bases de dados eletrônicas como www.tropicos.org, www.ipni.org, www.mobot.org, www.plantamed.com.br, e impressas, tendo como palavra-chave o nome científico da espécie identificada, buscando-se averiguar composição química, propriedades farmacológicas, usos

populares e formas de uso. Adicionalmente, buscou-se compilar informações botânicas, ecológicas e agronômicas disponíveis para as respectivas espécies.

Também foram identificados e quantificados os compostos majoritários presentes nos OEs de cada uma das espécies. Para a extração dos OEs, realizada no Laboratório de Ecofisiologia do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo da Universidade Federal do Paraná, amostras de 50 g, sem repetições, da massa fresca das folhas e ramos finos foram retiradas e submetidas ao processo de hidrodestilação em aparelho Clevenger por 4 horas. A relação entre folhas e ramos finos das amostras foi de aproximadamente 4/1. As amostras dos OEs foram analisadas no Laboratório de Análise de Combustíveis Automotivos, no Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal do Paraná. Para a identificação e quantificação dos constituintes do OE, utilizou-se cromatografia gasosa com detector de ionização de chama (CG-DIC) e cromatografia acoplada à espectrometria de massas (CG-EM), respectivamente. O sistema CG-DIC (Varian, modelo CP 3800) foi programado para uma corrida cromatográfica de 65 minutos, usando uma coluna capilar (Chrompack, CPSIL 8 CB; 0,25 mm x 30 m), com detector a 300° C e injetor a 250° C, com "split" 1:100. O gás de arraste utilizado foi o hélio a 1 mL/min., injetando-se 1,0 microlitro de amostra e programação do forno com as seguintes etapas: temperatura inicial a 60° C com elevação de temperatura a 240° C, na razão de 3°C/min., permanecendo por 5 minutos. O sistema CG-EM (Varian, modelo CP 3800/Saturn 2000) foi programado nas mesmas condições analíticas, exceto para o injetor, com "split" 1:300 e injeção de menor quantidade de amostra (0,4 microlitros). As temperaturas do "transfer line", "manifold" e "ion trap" foram respectivamente, 250° C, 80° C e 150° C para obtenção de espectros de massas.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram identificadas oito espécies, conforme descrição no Quadro 1.

Quadro 1 - Relação das espécies com os respectivos números de registro no MBM. Curitiba/PR, 2007.

Espécies	Nº de Registro
<i>Piper aduncum</i> L.	MBM336208
<i>Piper cernuum</i> Vell.	MBM336210
<i>Piper dilatatum</i> Rich	MBM336203
<i>Piper gaudichaudianum</i> Kunth	MBM336204
<i>Piper glabratum</i> Kunth	MBM336205
<i>Piper lindbergii</i> C. DC.	MBM336209
<i>Piper solmsianum</i> C. DC.	MBM336206
<i>Piper umbellatum</i> L.	MBM336207

No que concerne à ocorrência deste gênero no Paraná, Yuncker (1972, 1973) reporta a ocorrência de 23 espécies, subdividindo 9 delas em variedades. As 8 espécies amostradas neste trabalho representam 34% desse total.



Etimologia: *aduncum* = do latim *aduncus* – em forma de gancho, encurvado.

Nome comum: *Português:* pimenta-de-macaco, jaborandi, jaborandi-do-mato, murta, paripaioba, pariparoba, pau-de-junta, pimenta longa, santa-maria-negra.

No nordeste brasileiro é conhecida como pimenta-de-fruto-ganchoso, tapa-buraco e aperta-ruão; por esse último nome também é conhecida no sudeste, principalmente em São Paulo (GUIMARÃES; GIORDANO, 2004; RUSCHEL; WAECHTER, 2004).

Distribuição geográfica/ocorrência: **Brasil:** Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Rondônia, Ceará, Mato Grosso, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Espírito Santo, São Paulo, Paraná e Santa Catarina (GUIMARÃES; GIORDANO, 2004; RUSCHEL; WAECHTER, 2004).

Descrição botânica: Pequena árvore (1 a 8 m) com ramos nodosos; entrenós superiores delgados (1 a 6 cm), levemente tomentoso a glabrescente, tricomas não passando de 0,5 mm; folhas eucamptódromas a acródromas supranumerárias, membranáceas a cartáceas, elípticas ou lanceoladas (10 a 20 x 4 a 7 cm), face adaxial estrigosa, face abaxial tomentosa, ápice agudo-acuminado e atenuado, base assimétrica, diferença de 2 a 3 mm entre os lados; margem estrigosa, nervuras 6 a 8 de cada lado geralmente surgindo abaixo de 1/3 da lâmina foliar; pecíolo curto (4–8 mm) pubescente invaginado. Espigas solitárias, opostas às folhas, curvadas, raramente eretas (3,5 a 9,5 cm) com pedúnculos pilosos (0,5 a 2,2 cm); flores (5,05 ± 19,13 por inflorescência) de coloração creme com brácteas triangular-ovadas, franjadas, estames 4, estigmas 3, sésseis com drupas oblongas, comprimidas lateralmente, glabras, verrucosas (YUNKER, 1972; FIGUEIREDO; SAZIMA, 2000; CAVALCANTI; RAMOS, 2002; RUSCHEL; WAECHTER, 2004).

Dados ecológicos/agronômicos: Área de ocorrência caracterizada por elevada pluviosidade (pp. média anual aprox. 1500 a 4000 mm). Comum em clareiras de matas de galeria ou bordas de mata, expressando comportamento de espécie pioneira. Polinização anemófila, com florescimento e frutificação durante todo o ano. As sementes são dispersas por morcegos e pássaros. As infrutescências são uma das principais fontes alimentares dos morcegos nativos *Artibeus lituratus* e *Sturnira lilium*. Sementes contidas nas fezes de morcegos apresentam taxa de germinação mais elevada. O crescimento é moderadamente rápido após o estágio inicial de plântula, podendo chegar até 1m no primeiro ano. Herbicidas para plantas de folhas largas (2,4 -D) são geralmente utilizados para controle de invasão populacional desta espécie (LITTLE; WADSWORTH, 1964; CAVALCANTI; RAMOS, 2002; RUI, 2002).

Usos e aplicações: Auxilia na recuperação de áreas degradadas e contribui para o estabelecimento da biodiversidade e biomassa florestal. Os frutos são fonte de

alimento para fauna silvestre e ainda utilizados como pimenta/condimento (LITTLE; WADSWORTH, 1964). Chás e outros extratos foliares e radiculares são empregados na medicina popular como tônico, antidiarreico, antidisentérico, antiemético, anti-ulcerogênico e para controle de hemorragias (LIOGIER, 1990). Na região amazônica, as folhas são utilizadas sob a forma de chá contra apatia intestinal e males estomacais (VAN DEN BERG, 1993). Em Trinidad, folhas, frutos e raiz desta espécie são utilizadas no fabrico do medicamento patenteado como Cannagina (ROIG e MESA, 1988). Inflorescências contêm taninos, essências e resinas; a infusão das folhas é usada como estomáquica, balsâmica, adstringente e desobstruente do fígado (LAINETTI; BRITO, 1980). Suas folhas e ramos contêm OE num percentual variando de 1,2 a 3,4% (MAIA *et al.*, 1998). Contêm 2', 6'-dihydroxy-4'-methoxychalcona, composto químico que inibe em até 98% o crescimento *in vitro* de *Leishmania amazonensis*, com baixa toxicidade para a célula hospedeira (TORRES-SANTOS *et al.*, 1995). O OE, rico em dilapiol, possui intensa ação muluscicida e antibacteriana (ORJALA *et al.*, 1992; IBRAHIM *et al.*, 1996), inseticida (ESTRELA *et al.*, 2006) e fungicida (BENCHIMOL; SILVA; VERZIGNASSI, 2008). Predominância de monoterpenos nos frutos e ramos e sesquiterpenos nas folhas. A combinação de monoterpenos dos frutos possui propriedade de atração de insetos polinizadores. Presença de significativa concentração de linalol nos frutos e folhas, com potencial de aplicação na indústria de fragrâncias. O OE dos frutos apresenta elevada atividade contra *Cladosporium cladosporioides* e *C. sphaerospermum* (NAVICKIENE *et al.*, 2006). Possui ainda potencial antichagásico (BATISTA JUNIOR *et al.*, 2008). Resultados promissores foram obtidos utilizando-se o OE de *P. aduncum* no controle de *Cerotoma tingomarianus* Bechyné, importante desfolhador de leguminosas da Amazônia (FAZOLIN *et al.*, 2006). Alguns cromenos assim como derivados do ácido benzoico apresentam potencial atividade anticâncer (GUANATILAKA; KINGSTON; JOHNSON, 1994) e efeito inibitório sobre o crescimento de *Saccharomyces cerevisiae* (BALDOQUI *et al.*, 1999).



Etimologia: *cernuum* = do latim *cernuus* – curvado, inclinado para baixo que faz alusão as longas infrutescências pendentes.

Nome comum: bojubú, jaborandi-cepoti, joão-guarandi-do-grado, pariparobachifruda, pau-de-cobra-cipó, pimenta-de-morcego, rabo-de-gambá. (GUIMARÃES; VALENTE, 2001).

Distribuição geográfica/ocorrência: Venezuela, Peru, Bolívia, Colômbia e Brasil. **Brasil:** desde a Amazônia até Santa Catarina (GUIMARÃES; VALENTE, 2001; CAVALCANTI; RAMOS, 2002; GUIMARÃES; GIORDANO, 2004).

Descrição botânica: Arboreta (2 a 6 m) com ramos ferrugíneos tomentosos com entrenós superiores robustos; folhas grandes, largas, elípticas, ovaladas (30 cm x 40 cm) de ápice obtuso a agudo e base fortemente lobada, com um dos lobos cobrindo o pecíolo; face inferior pubescente, com nervura subtomentosa, nervação pinada abaixo do terço superior, 6 ou 7 nervuras de cada lado mais 2 ou 3 nervuras curtas descendo aos lobos, submarginalmente conectando por voltas em duas ou três séries, com intermediários menores e conectando transversalmente; pecíolo ferrugíneo-tomentoso (6 a 8 cm), invaginado-alado à lâmina. Espigas solitárias recurvadas e pêndulas, opostas às folhas; pedúnculo (10 a 20 mm) aveludado glabrescente; flores arranjadas circularmente ou em sub-espiral; 4 estames, 3 estigmas sésseis. Brácteas subpeltado-triangular, com franjas na margem, pedicelo piloso. Drupas lateralmente comprimidas (0,8 a 1,5 x 1,4 a 2 mm) oblongas, depressão no ápice puberulenta (YUNCKER, 1972; GUIMARÃES; VALENTE, 2001; CAVALCANTI; RAMOS, 2002; GUIMARÃES; GIORDANO, 2004).

Dados ecológicos/agronômicos: Espécie comum da Floresta Ombrófila Densa, ocupando clareiras ou beira de regatos, preferindo sempre locais com solos úmidos. Regeneração natural dependente da formação de clareiras, plântulas desenvolvem-se melhor sob condições de alta luminosidade (MARIOT *et al.*, 2007). Floresce em maio e junho (GUIMARÃES; VALENTE, 2001; GUIMARÃES; GIORDANO, 2004) embora Mariot *et al.*, (2007) afirmem que a espécie apresenta produção contínua de frutos ao longo do ano.

Usos e aplicações: Devido a suas folhas grandes e longas e inflorescências pêndulas, é indicada para ornamentação (GUIMARÃES; GIORDANO, 2004). Na medicina popular, a infusão das folhas é empregada como analgésico, especialmente para dores de estômago, contra problemas do fígado, dos rins e da circulação (STIPP, 2000; DI STASI *et al.*, 2002). A raiz é indicada como diurético; inflorescência (pó) para tratamento de gonorreias crônicas e leucorreias; inflorescência (extrato alcoólico) contra mordedura de cobra (PECKOLT; PECKOLT, 1888). Possui comprovada atividade antimicrobiana - extratos hexânicos e etanólicos das folhas e caules contra as bactérias *Bacillus subtilis*, *Micrococcus luteus* e *Staphylococcus aureus*. Compostos ativos contra *Salmonella* no extrato etanólico das folhas (FERNANDES *et al.*, 2000).



Etimologia: *dilatatum* = do latim *dilatatus* - dilatado, estendido; possivelmente é uma alusão aos ramos mais estirados da espécie.

Nome comum: pariparoba-murta e pau-de-junta (RUSCHEL; WAECHTER, 2004).

Distribuição geográfica/ocorrência: Costa Rica, Antilhas e América do Sul (TEBBS, 1993). **Brasil:** Amazonas, Amapá, Mato Grosso, Maranhão, Ceará, Pernambuco, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (GUIMARÃES; VALENTE, 2001; RUSCHEL; WAECHTER, 2004).

Descrição botânica: Arvoreta (1,5 a 4 m) com ramos estirados e tomentosos; entrenós com 4,5 a 6,5 cm, lâmina foliar (11 a 21 cm x 7,5 a 10,5 cm) membranácea glandulosa, rombeo-elíptica, subobovada, acuminada, às vezes falcada no ápice, inequilátera arredondada, cordada ou ainda aguda na base com um lado diferindo do outro em cerca de 2 a 6 mm, nervuras secundárias maiores, 5 a 6 dispostas até a porção mediana; pecíolo pubescente (1,0 a 1,5 cm). Suas espigas são solitárias e curvas (6,5 a 12 cm x 2 a 4 mm), sustentadas por pedúnculo glabro ou pubescente (0,9 a 2,5 cm); flores com brácteas arredondadas, franjadas, estames 4; estigmas 3, sésseis. Drupas retangulares (1 x 0,5 a 0,8 mm), comprimidas lateralmente, papiloso-puberulentas, glabras ou com curtos tricomas no ápice (YUNCKER, 1972; GUIMARÃES; VALENTE, 2001; CAVALCANTI; RAMOS, 2002; RUSCHEL; WAECHTER, 2004).

Dados ecológicos/agronômicos: Ocorre em beiras de riachos e córregos (mata ciliar) tanto da Floresta Ombrófila Densa como no ecótono Cerrados/Floresta Estacional, em altitudes de 300 a 1060 metros. Floresce em setembro, dezembro e janeiro (GUIMARÃES; VALENTE, 2001; RUSCHEL; WAECHTER, 2004), embora Cavalcanti e Ramos (2002) afirmem que seu florescimento ocorre durante todo o ano. A polinização é anemófila e por pequenos insetos (FIGUEIREDO; SAZIMA, 2000).

Usos e aplicações: Quatro dos ácidos benzoicos derivados do OE extraído das folhas de *P. dilatatum* apresentam propriedades antifúngicas contra *Cladosporium cucumerinum*, doença comum em cucurbitáceas (HOSTETTMANN; TERREAUX; GUPTA, 1998).



Etimologia: *gaudichaudianum* = homenagem ao naturalista francês e navegador Charles Gaudichaud-Beaupré (1789-1854).

Nome comum: murta, pariparoba (GUIMARÃES; VALENTE, 2001).

Distribuição geográfica/ocorrência: Argentina e Paraguai; **Brasil** - desde o nordeste brasileiro até o sul, na região atlântica (YUNCKER, 1972; GUIMARÃES; VALENTE, 2001).

Descrição botânica: Arvoreta (2 a 3 m); entrenós superiores delgados (2 a 4 cm), moderada a densamente pubescente, tricomas variáveis (1 cm); folhas curto-pecioladas; pecíolos (0,4 a 0,5 cm) com bainha curta na base, lâmina foliar (3 a 7 cm x 12 a 18 cm) elíptico-lanceoladas, ovaladas-lanceoladas ou elíptica com ápice largo-acuminado e de base não simétrica, um lado 2 a 3 mm mais curto no pecíolo ou frequentemente agudo, o lado maior mais arredondado e obtuso a subcordiforme ou ocasionalmente agudo, face adaxial hispida e escabrosa, face abaxial subvilosa, pelo menos ao longo das nervuras. Espigas curvas (5 a 8 cm), geralmente mucronadas, sustentadas por pedúnculo piloso (1 a 3 cm); flores com bractéolas semiorbicular ou triangular-peltadas, franjadas. Estames 4, estigmas 3, sésseis; drupa oblongo-ovoide, comprimida lateralmente (YUNCKER, 1972; GUIMARÃES; VALENTE, 2001).

Dados ecológicos/agronômicos: Planta pioneira ou secundária, heliófita, cuja ocorrência é usualmente associada a clareiras ou bordas de floresta. Favorecida pela umidade provida pela proximidade de cursos d'água. Apresenta rusticidade para desenvolver-se em frestas de rochas, rachaduras de paredes e sobre ruínas

desde que com relativa umidade. Floresce e frutifica praticamente durante todo o ano, apresentando picos de frutificação na estação seca e estação úmida; dispersão por morcegos (MIKICH; SILVA, 2001).

Usos e aplicações: Folhas e raízes utilizadas por comunidades tradicionais para combater dores de dente, com função anti-inflamatória e contra complicações hepáticas (DI STASI *et al.*, 2002). O ácido gaudichaudianico é o principal metabólito nas folhas e raízes (LOPES *et al.*, 2007). Este composto é considerado promissor protótipo antichagásico (BATISTA JUNIOR *et al.*, 2008).



Etimologia: *glabratum* = do latim *glabratus* - glabro, sem pilosidade.

Nome comum: pariparoba

Distribuição geográfica/ocorrência: **Brasil:** Goiás, Paraíba e Distrito Federal; região Sul e Sudeste (YUNCKER, 1972).

Descrição botânica: Arvoreta (3 m), glabro, exceto na protuberância das nervuras da face abaxial da folha; entrenós superiores delgados (2 a 5 cm); folhas (3,5 a 8 cm x 10 a 20 cm) lanceo-elípticas ou lanceoladas, com ápice acuminado; base aguda não simétrica, um lado de 2 a 3 mm menor que o pecíolo; face abaxial com glândulas pontuadas, metade inferior de nervura pinada, com 5 nervuras de cada lado, com a parte inferior muito delgada quase indistinguível, nervuras anastomosadas transversais, translúcidas; pecíolo (6 a 8 mm) de base invaginada. Espinhos de 3 a 5 mm com até 13 cm de comprimento; pedúnculo de 5 a 10 mm de comprimento; 4 estames; drupas e estigmas sésseis. Espigas retas (7,0 a 10,0 cm)

solitárias, opostas às folhas; pedúnculos (1,0 a 2,2 cm) eretos, glabros. Flores com brácteas arredondado-sub-peltadas; estames 4; estigmas 3, sésseis. Drupa (1 a 1,5 x 1 a 1,5 mm) glabra, obpiramidal, tri ou poligonal, com ápice com depressão truncada (YUNCKER, 1972; CAVALCANTI; RAMOS, 2002).

Dados ecológicos/agronômicos: Floração de março a julho e polinização realizada pelo vento e pequenos insetos (FIGUEIREDO; SAZIMA, 2000).

Usos e aplicações: Desconhecidos. Na análise de identificação e quantificação dos compostos presentes no seu OE, esta espécie apresentou um alto percentual de beta-elemento (45%) como composto majoritário que, segundo Wang *et al.*, (2005) trata-se de uma nova droga anticâncer.



Etimologia: *lindbergii* = homenagem ao botânico sueco Sextus Otto Lindberg (1835-1889).

Nome comum: jaborandi, murta.

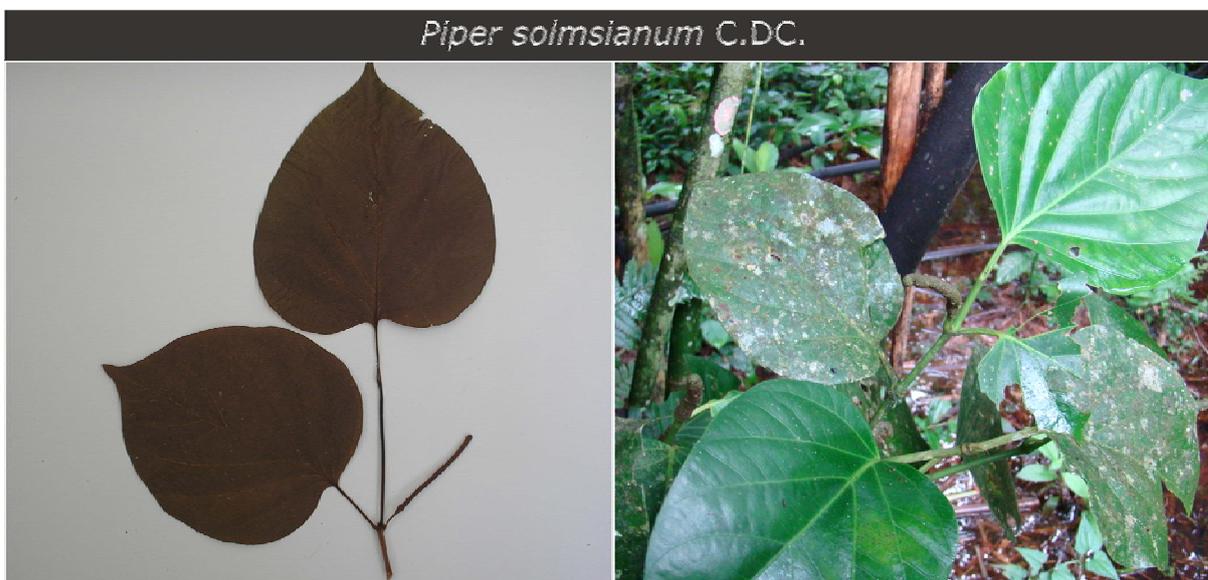
Distribuição geográfica/ocorrência: Sul e Sudeste brasileiro (YUNCKER, 1973). Registrada em área de vegetação secundária da Floresta Estacional Semidecidual-PR (MIKICH; SILVA, 2001). A espécie é considerada sinônimo de *P. amplum* Kunth por ICHASO *et al.* (1977).

Descrição botânica: Arvoreta (2 m); entrenós (3 a 6 cm) superiores robustos e glabros. Folhas (5 a 10,5 cm x 12 a 24 cm) ovadas-elípticas, com ápice pequeno e acuminado, estreito na base, um lado de 2 a 4 mm menor no pecíolo; face adaxial hirtelas ao longo da nervura central próximo à base ou abaxial com micro-hirtelas,

pontos glandulares, nervura pinada (8) 10 a 12 de cada lado, ocasionalmente intermediárias menores e delgadas inconspícuas, nervuras anastomosadas, cartáceo quando seco, translúcido; pecíolo de 5 mm acima, e 2 cm nas folhas baixas, invaginado na lamina. Espiga (6 a 9 cm), normalmente apiculada; pedúnculo (1 cm) delgado a rígido; brácteas sub-peltada-crescente-triangular; 4 estames; 3 estigmas, sésseis ou com estilete muito pequeno. Drupa obovoide-oblonga, lateralmente comprimida, glabra, ápice depresso-truncado (YUNCKER, 1973).

Dados ecológicos/agronômicos: Plantas com flores foram encontradas de outubro a abril nos estados de SC, PR e MG. Trata-se de uma espécie zoocórica (MIKICH; SILVA, 2001).

Usos e aplicações: Contém 19 compostos, respondendo por 90% dos constituintes, sendo os majoritários: α -pineno 12,9 %; limoneno 3,8%; α -copaeno 4,2%; E-cariofileno 24,4%; valenceno 16,3% e α -cadinol 8,5% (ANGNES, 2005). Apresenta propriedades analgésicas (COSTA *et al.*, 1989). *P. amplum*, espécie em que se inclui *P. lindbergii* como sinonímia, possui OE de potencial inseticida (ANGNES, 2005), moluscicida, citotóxica, fungistática e antibacteriana (NAVICKIENE *et al.*, 2006).



Etimologia: *solmsianum* = homenagem ao botânico sueco Graf Reinhard zu Solms-Laubach (1801-1870)

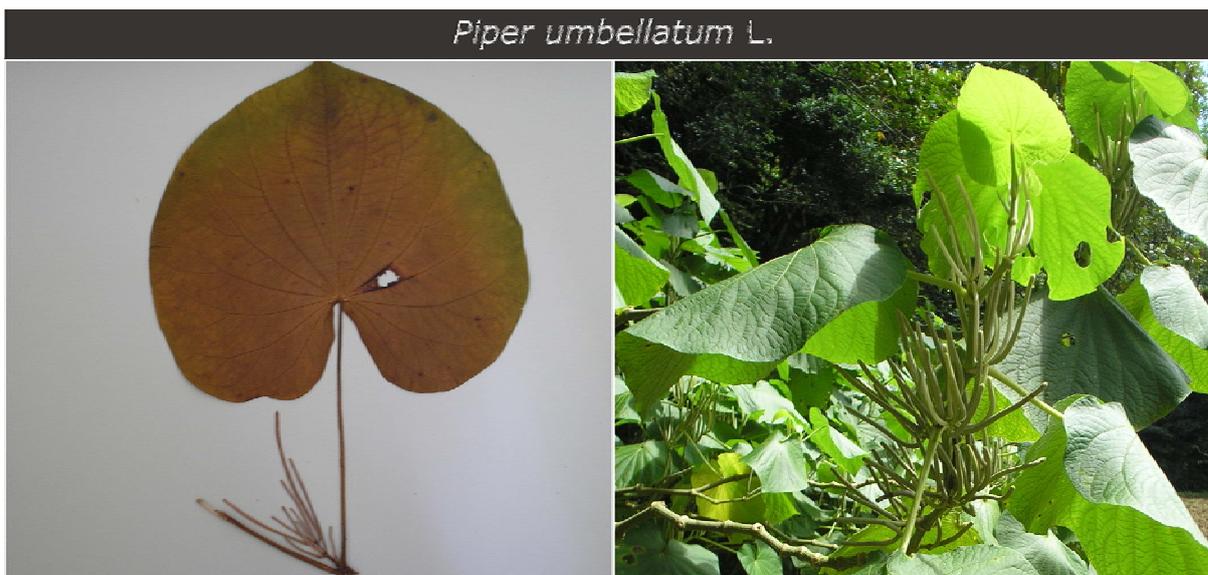
Nome comum: caapeba, jaguarandi, pariparoba (RUSCHEL; WAECHTER, 2004).

Distribuição geográfica/ocorrência: **Brasil:** Regiões Sudeste e Sul, mais especificamente em Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (YUNCKER, 1973; GUIMARÃES; VALENTE, 2001).

Descrição botânica: Arbusto ou subarbusto (0,5 a 3 m) glabro; de caule ereto ou decumbente; entrenós superiores (3 a 14 cm) glabros, com grânulos de cera epicuticular, estriados, sulcados. Folhas (6 a 16 cm x 12 a 20 cm) circular-ovaladas, com ápice acuminado e simetricamente circular, concavidade subtruncada, ou base cordiforme rasa, abruptamente aguda no pecíolo; nervura pinada, 6 a 8 nervuras de cada lado, com nervuras anastomosadas intermediárias, estreitas, transversais, de pelo menos 3 a 4 pares proeminentes, próximo à base, levemente venuloso translúcido, nervuras raramente hirtelas próximo à margem abaxial, seca as nervuras são pálidas e amarelas, cartáceo translúcido; pecíolo de 3 a 4 cm de comprimento, invaginado centralmente ou acima, glabro, ou com pequena pubescência quando jovem. Estípula lanceolada, aguda, glabra, 13 a 20 mm de comprimento. Espigas eretas ou levemente curvas (6 a 15 cm x 2 a 3 mm); pedúnculos glabros e curtos (0,5 a 1,2 cm). Flores com brácteas arredondado-côncavas, franjadas; 3 estames; 3 estigmas, sésseis. Drupas trigonais-obpiramidais, glabras (YUNCKER, 1973; GUIMARÃES; VALENTE, 2001; RUSCHEL; WAECHTER, 2004).

Dados ecológicos/agronômicos: Floresce em junho, setembro e dezembro com frutificação em janeiro, março, abril, maio, julho e setembro.

Usos e aplicações: As lignanas obtidas das inflorescências apresentaram ação contra a forma trypomastigote de *Trypanosoma cruzi* (MARTINS *et al.*, 2003). Sarisan, composto análogo à miristicina, é o constituinte principal do OE das folhas. Tanto o OE quanto o composto sarisan apresenta efeito depressivo e ansiolítico, respectivamente, influenciando o comportamento de ratos em teste laboratorial (MOREIRA *et al.*, 2001). As lignanas possuem efeito biocida, correspondendo a inseticida natural capaz de eliminar larvas do mosquito transmissor da dengue, o *Aedes aegypti*, em um reservatório de água (GUIMARÃES *et al.*, 2008).



Etimologia: *umbellatum* = do latim *umbela* - guarda-chuva, devido às inflorescências axilares do tipo umbela.

Nome comum: caapeba, caa-peuá, capeva, capeba, catajé, lençol-de-santa-bárbara, malvaíscó, pariparoba.

Distribuição geográfica/ocorrência: México, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicarágua, Costa Rica, Panamá, Colômbia, Venezuela, Peru e Bolívia. **Brasil:** Amazonas, Ceará, Pernambuco, Alagoas, Bahia, Mato Grosso, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina (CAVALCANTI; RAMOS, 2002; GUIMARÃES; GIORDANO, 2004; RUSCHEL; WAECHTER, 2004).

Descrição botânica: Arbusto (1 a 3 m); ramos pubescentes, glândulas castanho-claras com entrenós (3,2 a 6,5 cm) superiores puberulentos, estriados e sulcados. Folhas grandes e campilódromas, membranáceas; pecíolo (100 a 160 mm), levemente alado; lâminas (16 a 21 cm x 20 a 28 cm) oval-orbiculares a orbiculares, discolores; glândulas castanhas; puberulentas, velutinas a glabrescentes, ápice obtuso, levemente mucronado, base simétrica, profundamente cordada a lobada, 6 a 7 nervuras de cada lado, apenas 1 par surgindo acima da base. Inflorescências axilares eretas (3,0 a 10 cm) do tipo umbela (1 a 2) com 4 a 10 espigas; pedúnculo (0,8 a 2 cm), puberulento. Flores com brácteas triangulares, ciliadas; 2 estames; 3 estigmas, sésseis. Drupas obovado-triangulares, geralmente com glândulas castanho-amareladas, glabras (1 a 1,3 x 0,7 a 1 mm) (CAVALCANTI; RAMOS, 2002; RUSCHEL; WAECHTER, 2004).

Dados ecológicos/agronômicos: Floresce de outubro a março e frutifica de dezembro a julho. Ocorre em lugares semissombreados em beira de estradas, declives de morros e ladeiras, inclusive no meio dos cascalhos de riacho, em pleno sol, na Floresta Ombrófila Densa (CAVALCANTI; RAMOS, 2002; RUSCHEL; WAECHTER, 2004).

Usos e aplicações: É considerada medicinal e eventualmente daninha em alguns Estados (LORENZI, 2000; LORENZI; MATOS, 2002). Na medicina popular, o chá das folhas e raízes é empregado nas doenças do fígado, baço e rins, como contra inchaços e inflamações das pernas (DI STASI *et al.*, 1989). O chá e suco das folhas são empregados como digestivo, diurético, antiblenorrágico, vermífugo, anti-inflamatório. O emplasto é aplicado sobre feridas e queimaduras como cicatrizante e nas hemoptises. Em forma de xarope, é utilizado como antitussígeno e no tratamento de bronquites (PECKOLT; PECKOLT, 1888; ROIG e MESA, 1988; VIEIRA, 1992; VAN DEN BERG, 1993). Extrato das plantas contém 4-nerolidylcatechol, composto com efeito inibitório da ação miotóxica de veneno de cobras (*Bothrops*) (NÚÑEZ *et al.*, 2005).

Uma síntese das principais características das espécies do gênero *Piper* de ocorrência em Morretes/PR é apresentada no Anexo 1.

Das oito espécies identificadas e estudadas neste trabalho, sete são citadas de uso constante na medicina tradicional como analgésico, anti-inflamatório, antibacteriano, digestivo, entre outros, e algumas delas com potencial para ocupar espaço na medicina científica. São elas: *P. aduncum* L., *P. cernuum* Vell., *P. gaudichaudianum* Kunth, *P. glabratum* Kunth, *P. lindbergii* C. DC., *P. solmsianum* C. e *P. umbellatum* L.

Além desse uso medicinal, bastante referenciado, chamam atenção as citações dos autores para quatro delas com potencialidade de emprego na elaboração de produtos para o controle de pragas e doenças de interesse agropecuário. São elas: *P. aduncum* L., *P. dilatatum* Rich, *P. lindbergii* C. DC. e *P. solmsianum* C. DC.

A necessidade de métodos mais seguros no controle dessas pragas tem estimulado a busca de novos produtos naturais em plantas. Um exemplo de busca bem-sucedida está no uso de piretróides, que correspondem a aproximadamente um terço de todos os inseticidas usados no mundo (VIEIRA; FERNANDES; ANDREI, 2008). Outro exemplo é o uso do butóxido de piperonila, derivado do safrol extraído do OE da *P. hispidinervum*, atuando como agente sinérgico para o piretrum, constituindo importante inseticida de origem natural e biodegradável (MAIA *et al.*, 1998; WADT, 2001).

Assim, a busca por estes produtos naturais na flora é um campo de investigação aberto e amplo, especialmente quando se trata do gênero *Piper*.

Na Tabela 1 são descritas as espécies com seus respectivos teores de OEs em relação à massa fresca das folhas e ramos finos, os compostos majoritários e sua quantificação percentual.

Tabela 1 – Relação de *Piper* sp., teor de OE em relação à massa fresca das folhas e ramos finos (%) e compostos majoritários com respectivas quantificações percentuais. Morretes/PR, 2007.

Espécies	Teor (%)	Compostos majoritários	(%)
<i>Piper aduncum</i>	0,10	Biciclogermacreno	29,54%
<i>Piper cernuum</i>	0,28	Biciclogermacreno	19,88%
<i>Piper dilatatum</i>	0,28	Beta elemeno	15,49%
<i>Piper gaudichaudianum</i>	0,29	Alfa acorenol	11,10%
<i>Piper glabratum</i>	0,22	Beta elemeno	44,88%
<i>Piper lindbergii</i>	0,20	T - cadinol	22,13%
<i>Piper solmsianum</i>	0,16	Gama muuroleno	30,11%
<i>Piper umbellatum</i>	0,08	Germacreno D	38,59%

O dilapiol, um dos compostos alvo desta pesquisa, não foi identificado em nenhum dos OEs das oito espécies. O safrol, minoritário, foi encontrado no OE da espécie *P. aduncum* num percentual de 3%. Este resultado diverge dos resultados de pesquisas de autores como Fazolin *et al.* (2006), Benchimol; Silva e Verzignassi (2008), que relatam a espécie *P. aduncum* como produtora de dilapiol.

Os compostos citados na Tabela 1 ainda não têm uma aplicação industrial definida, entretanto, são referenciados por apresentarem atividades biológicas diversas. O biciclogermacreno, majoritário nos OEs da *P. aduncum* e *P. cernuum*, possui ação antifúngica e antimicrobiana (FACH *et al.*, 2002; CYSNE *et al.*, 2005). O beta elemeno, de ocorrência expressiva nos OEs das espécies *P. dilatatum* e *P. glabratum*, com 15 e 45%, respectivamente, é mencionado por Wang *et al.* (2005) como uma droga contra o câncer.

O Germacreno D, com 38% no OE da espécie *P. umbellatum*, também foi encontrado por Botelho *et al.* (2009) de forma majoritária no OE da espécie *Ocotea gardneri* (Meisn) Mez com 29%. Estes autores constaram que esse OE apresentou repelência ao ácaro rajado (*Tetranychus urticae* Koch) sendo recomendado no manejo integrado de pragas.

Assim, as espécies identificadas, dependendo de futuras pesquisas, apresentam diferentes potenciais de utilização econômica, e o gênero *Piper* se destaca neste processo, uma vez que apenas 10% de suas espécies foram até então investigadas quanto à sua composição química (DYER e PALMER, 2004).

3. 4 CONCLUSÕES

O levantamento florístico e os resultados obtidos levaram às seguintes conclusões:

As oito espécies identificadas representam 34% das 23 reportadas de ocorrência no Paraná.

Sete delas são de uso constante na medicina tradicional como analgésico, anti-inflamatório, antibacteriano, digestivo, entre outros.

Os constituintes Bicyclergmacreno, Beta elemeno, T-cadinol e Gama muuroleno estão presentes nos OEs das espécies *P. aduncum* L., *P. dilatatum* Rich, *P. lindbergii* C. DC. e *P. solmsianum* C. DC. e apresentam potencial de emprego na elaboração de produtos para controle de pragas e doenças de interesse agropecuário.

O dilapiol, um dos compostos alvo da pesquisa, não foi identificado em nenhum dos OEs das oito espécies. O safrol, minoritário, foi encontrado no OE da espécie *P. aduncum* num percentual de 3%.

Dos compostos majoritários nos OEs das oito espécies, o Bicyclergmacreno e o Beta elemeno são prevalentes. O primeiro identificado nas espécies *P. aduncum* e *P. cernumm* e o segundo nas espécies *P. dilatatum* e *P. glabratum*. Ambos com atividades biológicas e potencial de utilização na indústria química.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, E.H. de A.; GUIMARÃES, E.F.; MAIA, J.G.S. **Variabilidade química em óleos essenciais de espécies de *Piper* da Amazônia**. Belém: FEQ/UFPA, 2009.

ANGNES, S.I.A. **Isolamento, caracterização química e avaliação da propriedade inseticida do óleo essencial de *Piper amplum* kunth**. 88p. Dissertação (Mestrado em química) – Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2005.

BALDOQUI, D.C. *et al.* chromene and prenylated benzoic acid from *Piper aduncum*. **Phytochemistry**, v.51 p.899-902, 1999.

BATISTA, J.M. *et al.* Natural chromenes and chromene derivatives as potencial anti-trypanosomal agents. **Biological and Pharmaceutical Bulletin**, v.31, n.3, p.538-40, 2008.

BENCHIMOL, R.L.; SILVA, C.M. da; VERZIGNASSI, J.R. **Utilização de substâncias naturais para o controle de doenças de plantas na região amazônica**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2008. 27p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 346).

BIOTRADE: <http://www.biotrade.org/Regional/Amazon/Consultants%20Area/Assessment%20Studies/Brazil/DraftAssessmentBiotrade.doc>. Acesso em: 20/05/2009.

BOTELHO, P. de S. *et al.* Composição química e ação repelente do óleo essencial *Ocotea gardneri* (Meisn) Mez. sobre o ácaro rajado *Tetranychus urticae* Koch. In: **IX Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão da Universidade Federal Rural de Pernambuco**, 2009, Recife - PE. IX Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão da Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2009.

CAVALCANTI, T.B.; RAMOS, A.E. (Org.). **Flora do Distrito Federal, Brasil**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2002. v.2,184p.

CISNE, J.B. *et al.* Leaf essential oils of four *Piper* species from the State of Ceará - Northeast of Brazil. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v.16, p.1378-1381, 2005.

COSTA, M. *et al.* Screening in mice of some medicinal plants use for analgesic purposes in the State of Sao Paulo.part II. **Journal of Ethnopharmacology**, v.29, n.1-2, p.25-33, 1989.

DI STASI, L.C. *et al.* **Plantas medicinais na Amazônia**. São Paulo: Editora Universidade Estadual Paulista, 1989.

DI STASI, L.C. *et. al.* Medicinal plants popularly used in the Brazilian Tropical Atlantic Forest. **Fitoterapia**, v.73, p.69-91, 2002.

DYER, L.A.; PALMER, A.D.N. **Piper**: a model genus for studies of phytochemistry, ecology, and evolution. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2004. 214p.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos/[editores técnicos, Humberto Gonçalves dos Santos... *et al.*] – 2. ed. Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**, 2006.

ESTRELA, J.L.V. *et al.* Toxicidade de óleos essenciais de *Piper aduncum* e *Piper hispidinervum* em *Sitophilus zeamais*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.2, p.217-22, 2006.

FACH, A. *et al.* Chemical analysis and antifungal activity of the essential oil of *Calea clematidea*. **Planta Medica**, Stuttgart, v.68, p.836-839, 2002.

FAZOLIN, M. *et al.* **Potencialidades da Pimenta-de-macaco (*Piper aduncum* L.): características gerais e resultados de pesquisa**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2006. 53 p. (Documentos, 103).

FERNANDES, F. *et al.* Atividade antimicrobiana de *Piper Cernuum*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 23., 2000, Poços de Caldas. **Anais...Poços de Caldas: SBQ, 2000.** Disponível em: <http://www.sbq.org.br/ranteriores/23/resumos/0888-2/index.html>. Acesso em: 30/set./2008

FIGUEIREDO, R.A. de; SAZIMA, M. Pollination Biology of Piperaceae Species in Southeastern Brasil. **Annals of Botany Company**, v.4, n.85, p.455-60, 2000.

GUANATILAKA, A.A.L.; KINGSTON, D.G.I.; JOHNSON, R.K. Mechanism-based isolation and structures of some anticancer active natural products. **Pure and applied chemistry**, v.66. n.10/11, p.2219-222, 1994.

GUIMARÃES, A.F. *et al.* Toxicity of the lignan from *Piper solmsianum* against *Aedes aegypti*, the mosquito vector for dengue. In: First Pan American Dengue Research Network Meeting. **Virus Reviews & Research**, v.13, p.123, 2008.

GUIMARÃES, E.F.; GIORDANO, L.C.da S. Piperácea no nordeste brasileiro 1: estado do Ceará. **Rodriguésia**, v.55, n.88, p.21-46. 2004.

GUIMARÃES, E.F.; VALENTE, M. da C. **Flora Ilustrada Catarinense: Piperáceas – piper**. Itajaí: Herbário “Barbosa Rodrigues”, 2001. 104p.

HOSTETTMANN, K.; TERREAUX, C.; GUPTA, M.P. Antifungal benzoic acid derivatives from *Piper dilatatum*. **Phytochemistry**, v.49, n.2, p.461–64, 1998.

IAPAR. Instituto Agronômico do Paraná. **Cartas climáticas do Estado do Paraná 1994**. Londrina: IAPAR, 1994. 49p. (Documento, 18).

IBRAHIM, J.A. *et al.* Essential oils of selected Malaysian plants and their potential uses. In: Forestry and Forest Products Research, Proceedings of the Third Conference, 1996, Kuala Lumpur. **Anais...** Kuala Lumpur, 1996. p.97-103.

ICHASO, C.L.F.; GUIMARÃES, E.F.; COSTA, C.G. Piperaceae do Município do Rio de Janeiro - I. O gênero *Piper* L. **Arquivos do Jardim Botânico do Rio de Janeiro**, v.20, p.145-88, 1977.

LAINETTI, R.; BRITO, N.R.S. de. **A saúde pelas plantas e ervas do mundo inteiro**. Rio de Janeiro: Ediouro, 1980. 174p.

LIOGIER, H.A. **Plantas medicinales de Puerto Rico y del Caribe**. Porto Rico: Iberoamericana de Ediciones, 1990.

LITTLE JR, E.L.; WADSWORTH F.H. **Common trees of Puerto Rico and the Virgin Islands**. Washington, DC: Department of Agriculture, Forest Service, 1964.

LOPES, A.A. *et al.* Biosynthetic origins of the isoprene units of gaudichaudianic acid in *Piper gaudichaudianum* (Piperaceae). **Phytochemistry**, v.68, p.2053–058. 2007.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**. 3 ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2000. 640p.

LORENZI, H.; MATOS, F.J.A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2002. 576p.

MAIA, J.G.S. *et al.* Constituents of the essential oil of *L.* growing wild in the Amazon region. **Flavour and Fragrance Journal**, v.13, p.269-72, 1998.

MARIOT, A. *et al.* Uso e conservação de *Piper cernuum* Vell. (Piperaceae) na Mata Atlântica: II. Estrutura demográfica e potencial de manejo em floresta primária e secundária. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v.9, n.1, p.13-20, 2007.

MARTINS, R.C.C. *et al.* Trypanocidal tetrahydrofuran lignans from inflorescences of *Piper solmsianum*. **Phytochemistry**, v.64, p.667-70, 2003.

MIKICH, S.B.; SILVA, S.M. Composição florística e fonologia das espécies zoocóricas de remanescentes de florestas estacionais semidecidual no centro-oeste do Paraná, Brasil. **Acta bot. Bras.**, v.15, p.89-113, 2001.

MOREIRA, D.L. *et al.* Effect of leaf essential oil from *Piper solmsianum* C.DC. in mice behaviour. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.73, n.1, p.33-57, 2001.

NAVICKIENE, H.M.D. *et al.* Composition and antifungal activity of essential oils from *Piper aduncum*, *Piper arboreum* and *Piper tuberculatum*. **Química Nova**, v.29, n.3, p.467-70, 2006.

NÚÑEZ, V. *et al.* Inhibitory effects of *Piper umbellatum* and *Piper peltatum* extracts towards myotoxic phospholipases A2 from Bothrops snake venoms: Isolation of contem 4-nerolidylcatechol as active principle. **Phytochemistry**, v.66, p.1017-25, 2005.

ORJALA, J. *et al.* Three new prenylated benzoic acid derivatives and molluscicidal sesquiterpenoids from *Piper aduncum* leaves. **Medica**, v.58, n.7, p.14, 1992.

PARMAR, V. S. *et al.* Phitochemistry Of the Genus Piper. **Phytochemistry**, v. 46, n. p.597-673, 1997.

PECKOLT, T.; PECKOLT, G. **Histórias das plantas medicinaes e úteis do Brazil**. Rio de Janeiro: Laemmert, 1888. 1369p.

REITZ, R. **Flora Ilustrada Catarinense**. Piperáceas: Ottonia, Sarcorrhachis, Potomorphe, 1978.

ROIG Y MESA, J.T. **Dicionário Botânico de nombre vulgares Cubanos**. Havana: La Habana, Ed. Científico-tecnica, 1988. 599p.

RUI, A.M. **Ecologia de morcegos filostomídeos em Floresta Atlântica no Extremo Sul do Brasil**. 96 f. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2002.

RUSCHEL, D.; WAECHTER, J.L. O gênero *Piper* L. (Piperaceae) no Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v.2, n.2, p.103-25, 2004.

SIMÕES, C.M.O.; SPITZER, V. **Óleos voláteis**. In: SIMÕES, C.M.O., org. Farmacognosia: da planta ao medicamento. 6 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS; Florianópolis: Editora da UFSC, 2007. p.467-495.

SOUZA, V.C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática**: guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APGII. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2005. 640p.

STIPP, E.J. **Estudo farmacológico comparativo de *Piper gaudichaudianum* Kunth., *Piper cernuum* Vell. E *Piper Ihotzkyanum* Kunth.** 88p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 2000.

TEBBS, M.C. Piperaceae. In: KUBITZKI, K.; ROHWER, J. G.; BITTRICH, V. (Eds.). **Flowering plants-Dicotyledons**: Magnoliid, Hamamelid and Caryophyllid families. Berlin: Springer Verlag, 1993. p.516-20.

TEIXEIRA, S.D. **Estudo Fitoquímico de *Piper gaudichaudianum* e sua interação com Morcegos Frugívoros**. 164 f. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

TORRES-SANTOS, E.C. *et al.* Atividade Leshmanicida de Extratos e Frações de Plantas Brasileiras: Plumbaginaceae, Piperaceae e Moraceae. **Revista de Patologia Tropical**, v. 23, n. 2, p.1, 1995.

VAN DEN BERG, M.E. **Piperaceae**. In: VAN DEN BERG, M.E. **Plantas medicinais na Amazônia** - contribuição ao seu conhecimento sistemático. Belém: PR/MCT/CNPq, 1993. p.55-66.

VIEIRA, L.S. **Fitoterapia da Amazônia**: manual de plantas medicinais (A farmácia de Deus). 2.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1992. 347p.

VIEIRA, P. C.; FERNANDES, J.B.; ANDREI, C.C. **Plantas inseticidas**. In: SIMÕES, C.M.O., org. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 6 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS; Florianópolis: Editora da UFSC, 2007. p.904-918.

WADT, L. H. de O. **Estrutura genética de populações naturais de pimenta longa (*Piper hispidinervum* C. DC.) visando ao seu uso e conservação**. 2001. 95 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2001.

WADT, L.H. de O.; KAGEYAMA, P.Y. Estrutura genética e sistema de acasalamento de *Piper hispidinervum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.2, p.151-157, 2004.

WANG, G. *et al.* Antitumor effect of beta-elemene in non-small-cell lung cancer cells is mediated via induction of cell cycle arrest and apoptotic cell death. **Cellular and molecular life sciences**, v. 62, p.881-93, 2005.

YUNCKER, T.G. New Piperaceae of Brazil I: *Piper* – Group, I, II, III, IV. **Hoehnea**, v.2, p.19-366, 1972.

YUNCKER, T.G. The Piperaceae of Brazil II: *Piper* – Group V; *Ottonia*; *Pothomorphe*; *Sarcorrhachis*. **Hoehnea**, v.3, p.29-284, 1973.

4 DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO, PRODUTIVIDADE E COMPOSIÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE PIMENTA LONGA (*Piper hispidinervum* C. DC.) SUBMETIDA A DIFERENTES ESPAÇAMENTOS E IDADES DE CORTE

RESUMO

Das mais de setecentas espécies do gênero *Piper*, *Piper hispidinervum*, conhecida como pimenta longa, destaca-se por produzir óleo essencial (OE) com alto percentual de safrol, composto usado como precursor na fabricação de inseticidas biodegradáveis, de cosméticos e de produtos farmacêuticos. Por estas características, ela poderá substituir a planta originalmente fornecedora de safrol no Brasil, canela sassafrás, hoje em via de extinção. *P. hispidinervum* encontra-se em processo de domesticação e são poucos os estudos sobre seu cultivo, a exemplo do melhor espaçamento e idade de corte. Objetivando a produção de OE com alto percentual de safrol, foram avaliadas, nas condições edafoclimáticas da Mata Atlântica/PR, o efeito da idade de corte e da densidade de plantio no desenvolvimento vegetativo, teor, produtividade e composição do OE da *P. hispidinervum*. As sementes para produção das mudas e instalação do experimento foram obtidas de plantas matrizes pertencentes ao banco de germoplasma da Embrapa Acre, situada no município de Rio Branco/AC. O experimento foi conduzido no município de Morretes/PR, de novembro de 2007 a fevereiro de 2009. O delineamento foi em blocos casualizados com 3 repetições e 9 tratamentos, arranjos num fatorial 3 x 3, combinando o fator idade em três níveis, 9, 12 e 15 meses pós-plantio, e o fator espaçamento em três níveis 0,50 x 0,50; 1,0 x 1,0 e espaçamento 1,5 x 1,5 m entre plantas. Para a idade, as melhores foram aos 12 e 15 meses com produtividades de 94 e 103 L ha⁻¹ de OE, respectivamente. Para espaçamento, o melhor foi 0,50 x 0,50 m entre plantas, resultando em 115 L ha⁻¹ de OE. O teor médio de OE é de 3,5% com percentual mínimo de safrol de 91%, dentro, portanto, do padrão mínimo de 90% exigido.

Palavras-Chave: Piperaceae. Planta aromática. Planta medicinal. Safrol.

4 VEGETATIVE DEVELOPMENT, PRODUCTIVITY AND COMPOSITION OF ESSENTIAL OIL FROM LONG PEPPER (*Piper hispidinervum* C. DC.) SUBJECTED TO DIFFERENT SPACING AND PLANT AGES AT THE HARVESTING TIME

ABSTRACT

Among more than 700 species within the genus *Piper*, the species *Piper hispidinervum*, known as long pepper, stands out for producing essential oil (EO) with high percentage of safrole, which is a compound used as a precursor in the manufacture of biodegradable insecticides, cosmetics and pharmaceuticals. Because of these characteristics, it can override the originally plant supplier of safrole in Brazil, the cinnamon sassafras, which is currently in the process of becoming extinct. The *P. hispidinervum* is currently in the process of domestication however there are few studies on its ideal cultivation parameters such as spacing and plant ages at the harvesting time. Aiming at evaluating the EO production with high percentage of safrole, the edaphic-climatic conditions of the Atlantic forest/PR, the effect of plant ages at the harvesting time and planting density on the vegetative development, EO productivity, content and composition in *P. hispidinervum* were assessed. Seedlings production for the experiments used seeds obtained from plants belonging to the germplasm bank from Embrapa Acre, situated in the municipality of Rio Branco/AC. The experiment was conducted in the municipality of Morretes/PR from November 2007 to February 2009. The approach used randomized sets with 3 replicates and 9 treatments, arranged in a 3 x 3 factorial, combining the plant age factor in three levels, 9, 12 and 15 months after seeding, and the spacing factor in three levels 0.50 x 0.50; 1.0 x 1.0 and 1.5 x 1.5 m between plants. The best plant ages for harvesting were 12 and 15 months with productivities of 94 and 103 L ha⁻¹ of EO respectively. The best spacing was 0.50 x 0.50 m between plants, resulting in 115 L ha⁻¹ of EO. The EO average content is at 3.5% with the minimal safrole percentage of 91%, hence within the minimum standard required of 90%.

Keywords : . Piperaceae. Aromatic plant. Medicinal plant. Safrole.

4.1 INTRODUÇÃO

O gênero *Piper* é representado por plantas herbáceas, arbustos e, raramente, árvores. Dentre as espécies aromáticas deste gênero, destaca-se *Piper hispidinervum*, conhecida como pimenta longa. Trata-se de uma arvoreta com distribuição pela América do Sul, especialmente Peru e Bolívia, acreditando-se se estender por toda a Amazônia, particularmente no Estado do Acre, onde é nativa (YUNCHER, 1972; SOUSA; LÉDO; PIMENTEL, 2001; ANDRADE; GUIMARÃES; MAIA, 2009).

Este destaque deve-se ao fato da espécie produzir OE com alto percentual de safrol. Este constituinte é muito usado na indústria de fragrância e cosmético ou como agente sinérgico junto ao píetro, constituindo-se em importante inseticida botânico usado no controle de pragas no armazenamento, ou ainda de uso doméstico (MAIA *et al.*, 1998; WADT, 2001).

A planta originalmente fornecedora de safrol no Brasil era a canela sassafrás - *Ocotea pretiosa* (Nees) Mez. Sua exploração foi proibida, pois o processo era destrutivo, e a espécie se encontra em via de extinção (PIMENTEL *et al.*, 1998). A demanda por OE de safrol é crescente, e a oferta é cada vez mais reduzida. Com a proibição da exploração da canela sassafrás em matas primárias da Mata Atlântica, o Brasil passou de exportador a importador de safrol. Atualmente seus fornecedores são a China (*Cinnamomum micranthum*) e o Vietnã (*Cinnamomum canphora*). (ANDRADE; GUIMARÃES; MAIA 2009; BIOTRADE, 2009).

Diante desta perspectiva, *P. hispidinervum* vem despertando grande interesse não só de pequenos e médios produtores na busca de novas opções de cultivo, mas também de empresas processadoras desse produto (PIMENTEL, 2000).

Como potencial substituta da canela sassafrás e ainda por tratar-se de uma espécie pouco estudada, fazem-se necessárias pesquisas para aprimorar seu sistema de cultivo em bases comerciais.

Uma dessas pesquisas, nessa fase de domesticação, é a identificação da melhor combinação entre os fatores idade de corte x densidade de plantas por hectare. Esta definição contribuirá para a maximização da produtividade de OE e

safrol, gerando ainda informações que podem ser empregadas nas futuras práticas culturais da espécie.

A idade da planta influencia no teor, produtividade e composição do OE das plantas aromáticas. Esta influência pode estar relacionada a diferentes fatores, entre eles, às reações fisiológicas do metabolismo da planta, aspectos climáticos, e suas características associadas, tais como índices de temperatura, pluviosidade e umidade (AFLATUNI, 2005; ROHLOFF *et al.*, 2005; MONTEIRO, 2009).

Diferentes espaçamentos entre plantas alteram a capacidade de interceptação de luz, podendo modificar a capacidade fotossintética das plantas e, conseqüentemente, seu crescimento. Além disso, a distância entre elas no campo pode contribuir positiva ou negativamente para a competição entre a cultura e plantas invasoras por recursos como água, ar, espaço e nutrientes. A alteração no espaçamento de plantio leva a diferentes densidades de plantas, um importante componente de produtividade dos cultivos, podendo garantir maiores produtividades da população como um todo, mesmo que cada indivíduo apresente menor rendimento. O espaçamento apropriado para cultivo de uma determinada espécie não pode ser definido como fixo já que depende de uma série de fatores como clima, tipo de solo, fertilidade, práticas culturais, cultivar, etc., tornando necessária a avaliação do melhor espaçamento da planta para cada situação ou ambiente (BASSOLS, 1979; MONTEIRO, 2009).

A demanda por novas espécies como alternativa para diversificação de novos cultivos foi reconhecida em 2004 e relatada no Diagnóstico e Perspectivas do Complexo Agroindustrial das Plantas Medicinais, Aromáticas e Condimentares no Estado do Paraná, que, no seu capítulo 4, cita a necessidade de introdução de germoplasma de espécies exóticas de grande interesse econômico, entre elas a *P. hispidinervum* (CORRÊA JUNIOR; GRAÇA; SCHEFFER, 2004).

Devido a necessidade de um clima quente e úmido para o cultivo dessa espécie de clima tropical e ainda pela forma como a agricultura do município de Morretes se organiza, ou seja, em pequenas propriedades, tendo como base a agricultura familiar, este município foi escolhido para a instalação do experimento. Esta forma de organização faz com que haja espaço para pesquisas com novas espécies, que poderão se juntar a outras já em uso na busca de um cultivo diversificado de acordo com o sistema de produção recomendado, tais como sistema orgânico e policultivo (CORRÊA JÚNIOR; MING; SCHEFFER, 1991).

Este trabalho, além do objetivo de gerar informações que possam ser empregadas nas futuras práticas culturais da *P. hispidinervum*, buscou avaliar, nas condições edafoclimáticas do litoral paranaense (Morretes/PR), o efeito de diferentes espaçamentos e idades de corte no desenvolvimento vegetativo da *P. hispidinervum* visando à produção de OE com alto percentual de safrol.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Material vegetal

As sementes de *P. hispidinervum* foram obtidas de aproximadamente 40 plantas matrizes pertencentes ao banco de germoplasma da Embrapa Acre, latitude 9°58'22" S, longitude 67°48'40" W, localizado no município de Rio Branco/AC, em novembro de 2006.

Para a coleta e o preparo das sementes, adotou-se o procedimento descrito por Cavalcante (2002), em que as espiguetas maduras foram coletadas manualmente e imersas por 24 horas em água e amassadas posteriormente em peneira de polietileno de 230 meshes para liberação das sementes e retirada da mucilagem. Em seguida, as sementes foram secas sobre papel ao ar livre, em local sombreado e ventilado durante 72 horas, armazenadas em embalagens de vidro na cor âmbar, hermeticamente fechadas e mantidas em refrigerador a 10°C até a semeadura.

4.2.2 Preparo das mudas

As mudas foram produzidas em condições de casa de vegetação no Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo da Universidade Federal do Paraná.

A semeadura foi realizada a lanço em abril de 2007 em bandejas plásticas de 40 x 30 x 10 cm, contendo PLANTMAX HT® peneirado. A densidade de semeadura

foi de aproximadamente 5 sementes por cm². As sementes foram cobertas com uma fina camada do mesmo substrato peneirado. As bandejas permaneceram sob irrigação intermitente, com três turnos de rega: 15 segundos a cada 15 minutos, das 08:00h às 17:00h; 15 segundos a cada hora, das 17:00h às 23:00h; e 15 segundos a cada 3 horas, das 23:00h às 08:00h.

Em julho de 2007, 70 dias após a semeadura, as plântulas, com aproximadamente 3 cm, foram transplantadas para os tubetes com capacidade de 280 cm³ (5,2 cm de diâmetro e 19 cm de altura). O substrato utilizado foi uma mistura de PLANTMAX HT® mais terra peneirada na proporção de 2:1. Nesta fase, as mudas permaneceram ainda na casa de vegetação, mas com irrigação diária manual, ficando neste ambiente até novembro de 2007, quando foram transplantadas para o campo com aproximadamente 20 cm de altura. A Figura 4 ilustra quatro fases do processo de formação das mudas de *P. hispidinervum*.



Figura 4 – *P. hispidinervum*: espiguetas com detalhe das sementes (a); sementes em início de germinação (b); plântulas transplantadas nos tubetes (c); mudas aos 210 dias (d). Curitiba/PR, 2007.

4.2.3 O experimento

O experimento foi conduzido em uma área de 12 hectares pertencente à empresa Solar Paisagismo Ltda., situada no município de Morretes/PR, com localização geográfica 25°25'51,3" S e 48°52'37,7" W, no período de novembro de 2007 a fevereiro de 2009.

A região caracteriza-se por clima do tipo Cfa, conforme classificação de Köepen, que corresponde a clima subtropical, temperatura média do mês mais frio inferior a 18° C (mesotérmico) e temperatura média no mês mais quente acima de 22° C, com verões quentes, geadas pouco frequentes (Anexo 2), e temperatura média anual de aproximadamente 25° C (IAPAR, 1994).

Os índices pluviométricos (Anexo 3) do município são elevados, com média em torno de 2000 mm anuais e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo, sem estação seca definida. O solo da região recebe classificação de *CAMBISSOLOS FLÚVICOS Tb Distrófico típico* (EMBRAPA, 2006).

Para caracterização química da área experimental, amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0 a 20 cm e enviadas para análises no Laboratório de Fertilidade do Departamento de Solos da UFPR e interpretadas de acordo com Serrat, Krieger e Motta (2006). Os resultados são apresentados no Anexo 4.

Trata-se de um solo de textura e fertilidade média com pH de 5,4 com teores altos de fósforo e saturação por base de 52%.

No preparo do solo, executado em outubro de 2007, realizou-se uma aração seguida de uma gradagem, sem adubação mineral e calagem. O plantio foi feito em novembro de 2007 quando as mudas, com cerca de 210 dias após a semeadura, apresentavam altura aproximada de 20 cm. Foi utilizado uma muda por cova, aberta com cavadeira “boca de lobo”, nas dimensões de 15 cm de diâmetro por 25 cm de profundidade.

4.2.4 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento foi em blocos casualizados com 3 repetições e 9 tratamentos arranjados num fatorial 3 x 3, combinando os fatores idade de corte x espaçamento conforme Quadro 2.

Quadro 2 – *P. hispidinervum*: detalhamento do delineamento experimental.

Tratamentos	Idades de corte	Espaçamentos (m)	Densidade (nº plantas/ha)	
1	1	9 meses	1 0,50 x 0,50	40.000
2		9 meses	2 1,00 x 1,00	10.000
3		9 meses	3 1,50 x 1,50	4.444
4	2	12 meses	1 0,50 x 0,50	40.000
5		12 meses	2 1,00 x 1,00	10.000
6		12 meses	3 1,50 x 1,50	4.444
7	3	15 meses	1 0,50 x 0,50	40.000
8		15 meses	2 1,00 x 1,00	10.000
9		15 meses	3 1,50 x 1,50	4.444

Cada parcela foi constituída de 16 plantas (4 x 4 unidades), sendo úteis as 4 plantas centrais. Em fevereiro de 2008, 3 meses após o plantio, foi realizada uma adubação orgânica com 2 quilos de composto por planta. Para caracterização química deste composto, uma amostra foi enviada para análise no Laboratório de Fertilidade do Departamento de Solos da UFPR e interpretada de acordo com Serrat, Krieger e Motta (2006). Os resultados são apresentados no Anexo 5.

A Figura 5 ilustra três fases distintas da condução do experimento: plantio e plantas aos 3 e 6 meses após o plantio.



Figura 5 – *P. hispidinervum*: diferentes fases do experimento - plantio e plantas aos 3 e 6 meses após o plantio. Morretes/PR, 2008.

As variâncias dos tratamentos foram testadas quanto à sua homogeneidade pelo teste de Bartlett, com dados transformados por $(\log x)$, quando necessário. As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Os dados foram analisados utilizando-se o programa estatístico MSTAT, Versão 2.11 (NISSEN, 1993).

4.2.5 Avaliações

Para as avaliações de desenvolvimento vegetativo, teor, produtividade e composição do OE, as plantas foram cortadas a 40 cm do solo com o auxílio de um facão nas seguintes idades: 9 meses (agosto de 2008 - inverno), 12 meses (novembro de 2008 - primavera) e 15 meses (fevereiro de 2009 – verão).

Em cada data de avaliação, as plantas úteis foram retiradas da área e pesadas individualmente quanto à produção de massa fresca total (MFTOTAL) em kg ha^{-1} ; massa fresca do caule (MFCAULE) em kg ha^{-1} ; massa fresca das folhas e ramos finos (MFFOLHAS) em kg ha^{-1} . A relação entre folhas e ramos finos foi de aproximadamente 4/1. Esta última variável foi mensurada para obtenção da relação MFFOLHAS/MFTOTAL. A Figura 6 ilustra o corte, transporte, pesagem e o fracionamento da MFTOTAL em MFCAULE e MFFOLHAS.



Figura 6 – *P. hispidinervum*: plantas recém-cortadas, transporte, pesagem, MFCAULE e MFFOLHAS. Morretes/PR, 2008.

Amostras homogeneizadas de 10% da MFFOLHAS foram retiradas de cada parcela, das quais aproximadamente 100 g foram secas em estufa com circulação de ar (FANEM - Mod. 320 SE) a 65°C , até peso constante, para determinação da massa seca das folhas e ramos finos (MSFOLHAS) em kg ha^{-1} . O volume restante

foi seco à sombra por 7 dias até atingir aproximadamente 12% de umidade conforme recomendações de Cavalcante (2002) e Farias (2007). Este volume, depois de seco, serviu de base para a destilação, determinação do teor de OE (%), da produtividade de OE em L ha⁻¹ e identificação percentual dos constituintes químicos do OE.

O excesso de umidade em matérias-primas vegetais permite a ação de enzimas, podendo acarretar a degradação de constituintes químicos, além de possibilitar o desenvolvimento de fungos e bactérias (FARIAS, 2007). Segundo Simões e Spitzer (2007), em Piperaceae, o OE ocorre em células parenquimáticas diferenciadas. Assim, no processo de secagem da MFFOLHAS, além da redução do excesso de umidade, supõe-se ter ocorrido uma quebra das paredes celulares facilitando a extração do OE.

Na destilação, realizada no Laboratório de Ecofisiologia do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo da Universidade Federal do Paraná, duas categorias de subamostras por parcela foram retiradas. Uma de 100 g para a extração do OE por hidrodestilação em aparelho graduado Clevenger durante 4 horas e outra, de 50 g, seca em estufa com circulação de ar (FANEM - Mod. 320 SE) a 65°C, até peso constante, para expressar o teor de OE em base seca.

O volume de OE extraído foi determinado com micropipetas de precisão (ajuste de 0-100 µL).

Nas avaliações dos aspectos relativos ao desenvolvimento das plantas, foram mensuradas as seguintes variáveis: altura (m), diâmetro da copa (m) e índice de área foliar (IAF). Para as medições da altura, foi utilizada uma régua graduada, e as medições do diâmetro da copa foram feitas com auxílio de uma trena, duas medidas ortogonais passando pelo centro da copa, registrando-se a média entre elas.

Na determinação do IAF, foram cortados 100 discos de área conhecida (0,7854 cm²) de 10 folhas do terço médio das 4 plantas úteis de cada parcela e em seguida determinada sua massa seca. Pela massa seca total de folhas por planta, sem considerar ramos finos, foi estimada a área foliar (MAGALHÃES, 1979).

Também foi realizado um corte da rebrota em fevereiro de 2009, seis meses após o corte inicial de agosto de 2008. Este resultado foi analisado separadamente do experimento, computando-se as médias e desvios padrão das mesmas variáveis já descritas na metodologia, acrescidas da variável número de brotações por planta.

4.2.6 Análise dos constituintes químicos do OE

As amostras dos OEs de cada parcela da *P. hispidinervum* foram analisadas no Laboratório de Análise de Combustíveis Automotivos, no Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal do Paraná. Para a identificação e quantificação dos constituintes do OE, foram utilizadas cromatografia gasosa com detector de ionização de chama (CG-DIC) e cromatografia acoplada à espectrometria de massas (CG-EM), respectivamente. O sistema CG-DIC (Varian, modelo CP 3800) foi programado para uma corrida cromatográfica de 65 minutos, usando uma coluna capilar (Chrompack, CPSIL 8 CB; 0,25 mm x 30 m), com detector a 300° C e injetor a 250° C, com "split" 1:100. O gás de arraste utilizado foi o hélio a 1 mL/min., injetando-se 1,0 microlitro de amostra e programação do forno com as seguintes etapas: temperatura inicial a 60° C com elevação de temperatura a 240° C, na razão de 3°C/min., permanecendo por 5 minutos. O sistema CG-EM (Varian, modelo CP 3800/Saturn 2000) foi programado nas mesmas condições analíticas, exceto para o injetor, com "split" 1:300 e injeção de menor quantidade de amostra (0,4 microlitros). As temperaturas do "transfer line", "manifold" e "ion trap" foram respectivamente, 250° C, 80° C e 150° C para obtenção de espectros de massas.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Anexo 6 são apresentados os resultados da análise de variância dos dados das variáveis relativas à produção; teor de OE em relação à massa seca (%); produtividade de OE (L ha⁻¹) e percentual de safrol no OE.

Verifica-se que a análise de variância não mostrou interação significativa entre idade e espaçamento, exceto para a MFFOLHAS a 5% de probabilidade, indicando de modo geral que os fatores são independentes.

Verificaram-se diferenças significativas entre as idades para todas as variáveis. Para o fator espaçamento, as variáveis MFFOLHAS/MFTOTAL, teor de

OE em relação à massa seca (%) e percentual de safrol no OE não apresentaram diferenças.

4.3.1 Produção de biomassa

Verificaram-se diferenças significativas entre as idades e os espaçamentos para a variável MFTOTAL (Tabela 2). Para o fator idade, os tratamentos que se destacaram estatisticamente foram os cortes realizados aos 12 e 15 meses, com produtividade de 19.509 e 30.927 kg ha⁻¹, respectivamente. O corte realizado aos 15 meses foi estatisticamente superior ao corte realizado aos 9 meses.

Já para o fator espaçamento, destacaram-se estatisticamente as densidades de 40.000 (0,50 x 0,50 m) e 10.000 plantas (1,0 x 1,0 m) por hectare com produtividades de 27.889 e 19.709 kg ha⁻¹, respectivamente. O espaçamento 0,50 x 0,50 m foi estatisticamente superior ao espaçamento 1,50 x 1,50 m.

Tabela 2 - Produtividade de massa fresca total (MFTOTAL¹) em kg ha⁻¹ de *P. hispidinervum* quando submetidas a três idades de corte e três espaçamentos. Morretes/PR, 2009.

IDADE	ESPAÇAMENTO			Médias
	0,50 x 0,50 m	1,0 x 1,0 m	1,50 x 1,50 m	
9 meses	16.666	10.667	5.315	10.883 B
12 meses	27.167	19.750	11.610	19.509 AB
15 meses	39.833	28.709	24.239	30.927 A
Médias	27.889 A	19.709 AB	13.721 B	

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ¹Dados transformados em log (x).

A determinação da produtividade de MFTOTAL não reflete o efeito de cada tratamento quanto ao objetivo final que é a maximização da produção de OE. Isto porque, na pimenta longa, o OE concentra-se nas folhas e ramos finos (SOUSA *et al.*, 2001) e a maximização da sua produtividade depende da produção dessa biomassa e do teor de OE nela contido. Portanto, torna-se necessário subtrair da MFTOTAL a MFCAULE, que é um material descartável e basicamente originário dos ramos ortotrópicos.

Verificaram-se diferenças significativas entre as idades e os espaçamentos para a variável MFCAULE (Tabela 3). Para o fator idade, o tratamento que se destacou com maior produtividade de MFCAULE foi o corte aos 15 meses, realizado em fevereiro de 2009, com uma produtividade de 20.853 kg ha⁻¹.

Tabela 3 - Produtividade de massa fresca do caule (MFC AULE¹) em kg ha⁻¹ de *P. hispidinervum* quando submetidas a três idades de corte e três espaçamentos. Morretes/PR, 2009.

IDADE	ESPAÇAMENTO			Médias
	0,50 x 0,50 m	1,0 x 1,0 m	1,50 x 1,50 m	
9 meses	8.333	5.125	2.463	5.307 C
12 meses	14.167	11.292	6.222	10.560 B
15 meses	26.833	20.042	15.684	20.853 A
Médias	16.444 A	12.153 AB	8.123 B	

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ¹Dados transformados em log (x).

Para o fator espaçamento, o plantio mais adensado, com 40.000 plantas por hectare (0,50 x 0,50 m), foi o que apresentou maior produtividade de MFC AULE com 16.444 kg ha⁻¹, mas sem diferir estatisticamente do espaçamento 1,0 x 1,0 m (Tabela 3). De fato, Sousa *et al.* (2001), avaliando o efeito de 15 diferentes densidades de plantio da pimenta longa, com espaçamentos variando de 0,30 x 0,30 m a 0,70 x 0,70 m, sobre a produtividade de massa seca de folhas e ramos finos e OE, constataram maior produção no plantio mais adensado (0,30 x 0,30 m), porém, com maior contribuição de ramos grossos.

Verificam-se diferenças significativas entre as idades, mas não entre os espaçamentos para a relação MFFOLHAS/MFTOTAL (Tabela 4).

Tabela 4 -Relação massa fresca das folhas e ramos finos/massa fresca total (MFFOLHAS/MFTOTAL) em kg ha⁻¹ de *P. hispidinervum* quando submetidas a três idades de corte e três espaçamentos. Morretes/PR, 2009.

IDADE	ESPAÇAMENTO			Médias
	0,50 x 0,50 m	1,0 x 1,0 m	1,50 x 1,50 m	
9 meses	0,51	0,52	0,54	0,52 A
12 meses	0,50	0,43	0,47	0,47 A
15 meses	0,33	0,31	0,36	0,33 B
Médias	0,45 A	0,42 A	0,45 A	

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para o fator idade, os tratamentos que se destacaram foram aos 9 e 12 meses, com relação 0,52 e 0,47, respectivamente. Deduz-se dessas relações que plantas mais jovens produzem relativamente mais folhas e ramos finos em detrimento de ramos grossos.

Estudos de Silva, Rocha Neto e Figueiredo (2001) também demonstraram esse comportamento da espécie. Segundo os autores, no desenvolvimento da pimenta longa, com suprimento adequado de água, a alocação de massa seca nas folhas é grande até o sétimo mês após o plantio, quando a planta passa a exportar reservas para a haste principal, diminuindo, portanto, a partir desta fase, os valores relativos de MFFOLHAS/MFTOTAL.

Ressalta-se que, no trabalho citado, os autores avaliaram o crescimento da pimenta longa até o nono mês pós-plantio e que quando observa-se os dados da Tabela 3 e da Figura 7, com resultados até o 15º mês, esta exportação de reserva das folhas para os hastes principais é ainda mais acentuada, dobrando a produtividade de MFCAULE de uma idade de corte para outra.

Tal tendência, com relação ao fator idade, não ocorreu na mesma proporção para a produção de MFFOLHAS (Tabela 5). Nesse caso, a produtividade da colheita realizada na idade um, aos 9 meses, em relação à dois, realizada aos 12 meses, aumentou 60% ou seja, passou de 5.576 para 8.949 kg ha⁻¹. Já do corte dois, aos doze meses, para os três, aos 15 meses, este aumento foi de apenas 12%, passando dos 8.949 para 10.074 kg ha⁻¹. A Figura 7 ilustra os efeitos das idades de corte nas produtividades relativas de MFCAULE (ramos grossos) e MFFOLHAS.

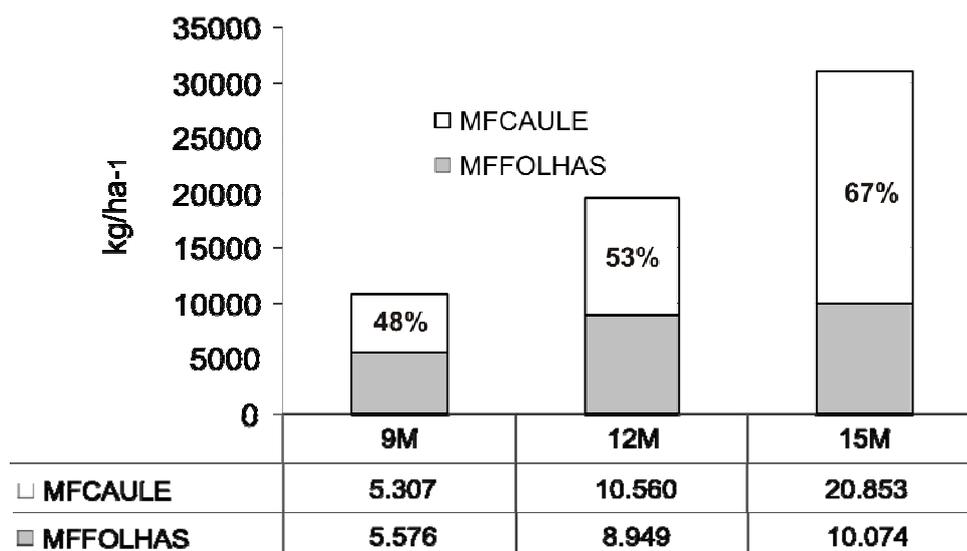


Figura 7 – *P. hispidinervum*: produtividades relativas de MFCAULE e MFFOLHAS em função das três diferentes idades de corte. Morretes/PR, 2009.

Subtraído a MFCAULE da MFTOTAL, foi obtida a produtividade de massa fresca das folhas e ramos finos (MFFOLHAS) em kg ha⁻¹. Embora apresentando diferenças significativas para a interação idade e espaçamento na análise de variância (Anexo 6), estas diferenças não foram constatadas quando da aplicação do teste de Tukey (Tabela 5). Verificaram-se diferenças significativas entre idades e espaçamentos. Para o fator idade, os tratamentos que se destacaram com maiores produtividades de MFFOLHAS foram os cortes efetuados aos 12 e 15 meses, com produtividades de 8.949 e 10.074 kg ha⁻¹, respectivamente. O corte realizado aos 15 meses foi estatisticamente superior ao corte realizado aos 9 meses.

Para o fator espaçamento, destacou-se estatisticamente dos demais tratamentos a densidade de 40.000 plantas por hectare (0,50 x 0,50 m), com produtividade de MFFOLHAS de 11.444 kg ha⁻¹

Tabela 5 - Produtividade de massa fresca das folhas e ramos finos (MFFOLHAS¹) em kg ha⁻¹ de *P. hispidinervum* quando submetidas a três idades de corte e três espaçamentos. Morretes/PR, 2009.

IDADE	ESPAÇAMENTO			Médias
	0,50 x 0,50 m	1,0 x 1,0 m	1,50 x 1,50 m	
9 meses	8.333	5.542	2.852	5.576 B
12 meses	13.000	8.458	5.388	8.949 AB
15 meses	13.000	8.667	8.555	10.074 A
Médias	11.444 A	7.556 B	5.598 B	

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ¹Dados transformados em log (x).

Segundo Biasi e Deschamps (2009), o primeiro corte da *P. hispidinervum* deve ser realizado quando a planta apresentar um desenvolvimento vegetativo satisfatório, que depende das condições climáticas existentes, principalmente quanto à distribuição regular das chuvas. De fato, maiores produtividades de MFFOLHAS foram registradas por Bergo, Mendonça e Silva (2005) em colheitas realizadas no período chuvoso em experimento realizado no distrito de Vila Extrema/RO. Os autores utilizaram um espaçamento único entre plantas de 1,0 x 1,0 m e observaram melhores produtividades de MFFOLHAS nos cortes realizados aos 12 meses pós-plantio, nas colheitas dos meses de outubro (9.144 kg ha⁻¹) e abril (12.114 kg ha⁻¹). Estes meses correspondem, respectivamente, ao início e final do período chuvoso naquela região.

Estas produtividades de MFFOLHAS registradas em Rondônia são semelhantes às obtidas neste experimento. Observa-se na Tabela 5 que a maior produtividade média foi alcançada na colheita aos 15 meses com 10.074 kg ha⁻¹. Esta idade corresponde ao final do verão – fevereiro de 2009 – em que as precipitações médias foram altas, atingindo mais de 200 mm mês (Anexo 3).

A produtividade de MSFOLHAS da *P. hispidinervum* é apresentada na Tabela 6. Não houve interação significativa entre idades de corte e espaçamento.

O processo de secagem da MFFOLHAS da pimenta longa é uma etapa importante e necessária na pós-colheita, pois a extração de OE da biomassa fresca não permite a obtenção do percentual mínimo de safrol (90%) exigido pelos mercados consumidores. Durante a secagem, a fração química mais volátil do OE é

eliminada, elevando proporcionalmente a concentração do safrol (PIMENTEL; MIRANDA, 2001).

Tabela 6 - Produtividade de massa seca das folhas e ramos finos (MSFOLHAS) em kg ha^{-1} de *P. hispidinervum* quando submetidas a três idades de corte e três espaçamentos. Morretes/PR, 2009.

IDADE	ESPAÇAMENTO			Médias
	0,50 x 0,50 m	1,0 x 1,0 m	1,50 x 1,50 m	
9 meses	2.070	1.355	731	1.385 B
12 meses	3.386	2.324	1.376	2.362 A
15 meses	3.020	1.965	1.898	2.294 AB
Médias	2.825 A	1.882 B	1.335 B	

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para o fator idade, os tratamentos que se destacaram foram os cortes aos 12 e 15 meses, ou seja, em novembro de 2008 e fevereiro de 2009, com produtividades médias de 2.362 e 2.294 kg ha^{-1} , respectivamente. O corte realizado aos 15 meses não diferiu estatisticamente do corte realizado aos 9 meses.

Outrossim, recomendações de Cavalcante (2002) sugerem, para o cultivo de pimenta longa na Amazônia Ocidental, o corte das plantas aos 12 meses, fase na qual as plantas atingem em média 1 m de diâmetro de copa e altura de 1,70 m. Por outro lado, Silva, Rocha Neto e Figueiredo (2001), estudando o efeito da irrigação no crescimento e produtividade de OE de pimenta longa, concluíram que com suprimento adequado de água o corte pode ser antecipado. Segundo os autores, a irrigação favorece a boa formação de área foliar até o sétimo mês após o plantio, indicando crescimento apto para execução do primeiro corte, a partir do qual a planta exporta reservas para a haste principal.

Quanto ao fator espaçamento, a produção média de MSFOLHAS por planta decaiu com sua redução. Passou de 300 gramas por planta no espaçamento 1,5 x 1,5 m para 190 e 70 gramas, respectivamente, nos espaçamentos 1,0 x 1,0 e 0,5 x 0,5 m. Numa relação inversa, a produtividade média por hectare foi maior nos menores espaçamentos, tendo a densidade de 40.000 plantas por hectare (0,50 x 0,50 m) se diferenciando estatisticamente dos demais espaçamentos com uma produtividade média de 2.825 kg ha^{-1} . Autores como Galvani *et al.* (1997), Silva *et al.* (2005) e Moreira (2007) justificam esta maior produtividade de MS em cultivos mais adensados devido ao maior índice de área foliar (IAF) em relação aos maiores espaçamentos. Estudos dos efeitos de diferentes espaçamentos em plantas de cana-de-açúcar e algodoeiro levaram os autores a concluir que, embora a produção

de massa seca por planta seja reduzida em plantios mais adensados, a produtividade nos espaçamentos menores é maior, pois a cobertura por unidade de área de solo é aumentada. A consequência seria um acréscimo na taxa líquida de foto-assimilados em função da maior absorção da radiação solar. Ressaltam, entretanto, que a absorção da energia luminosa não aumenta indefinidamente com o aumento da IAF, sendo limitada pelo autossombreamento.

Em estudos realizados por Alves *et al.* (2004) no município de Igarapé-Açu/PA, foi constatada uma produtividade média de 2.230 kg ha⁻¹ de MSFOLHAS, com uma amplitude de 1.760 a 3.740 kg ha⁻¹. Esta amplitude foi justificada pelos autores como sendo influência das estações chuvosas, manejo da cultura e variabilidade genética. O teor de OE foi de 2,3%. Nesta pesquisa, os autores utilizaram registros mantidos em usinas de destilação comunitárias, cujas produções se originaram de plantios comerciais implantados em espaçamentos 1 x 1 metros entre plantas com colheitas anuais. Essa produtividade média obtida por eles de 2.230 kg ha⁻¹ de MSFOLHAS foi 18% superior aos 1.882 kg ha⁻¹ obtidos, no mesmo espaçamento, por este experimento. Mas quando confronta-se esta mesma produtividade de 2.230 kg ha⁻¹ com os 3.386 kg ha⁻¹, corte aos 12 meses no espaçamento 0,50 x 0,50 m, esta produtividade do experimento é 34% superior (Tabela 6).

Considerando o coeficiente de variação estimado para MSFOLHAS de 21,5% (Anexo 6) e a amplitude de variação de produtividade de 1.760 a 3.740 apurada por Alves *et al.* (2004), deduz-se haver grande variação genética para essa característica, tornando pesquisas futuras bastante promissoras visando ao melhoramento e ao aumento de produtividade desta variável. Tal dedução é reforçada por Wadt e Kageyama (2004), que buscaram determinar a estrutura genética e a forma preferencial de acasalamento da pimenta longa e concluíram tratar-se de uma espécie preferencialmente de fecundação cruzada evidenciando alogamia.

4.3.2 Teor e produtividade de óleo essencial

Embora a análise de variância do fator idade tenha apresentado significância para o teor de OE em relação à massa seca (Anexo 6), esta diferença não foi detectada quando da aplicação do teste de Tukey, independentemente da idade de corte (Tabela 7). O fator espaçamento não foi significativo pelo teste de F. A média geral do teor de OE em relação à massa seca foi de 3,5%.

Tabela 7 – Teor de OE em relação à massa seca (%) de *P. hispidinervum* quando submetidas a três idades de corte e três espaçamentos. Morretes/ PR, 2009.

IDADE	ESPAÇAMENTO			Médias
	0,50 x 0,50 m	1,0 x 1,0 m	1,50 x 1,50 m	
9 meses	3,1	3,3	2,8	3,1 A
12 meses	3,3	3,1	4,0	3,4 A
15 meses	4,1	4,3	4,0	4,1 A
Médias	3,5 A	3,6 A	3,6 A	3,5

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Teores semelhantes foram obtidos em experimentos realizados nos Estados do Pará, Rondônia e Acre. No Pará, Alves *et al.* (2004) obtiveram em condições de cultivo em campo um percentual médio de 2,3%, com variações entre 2,1% e 2,5%. Em Rondônia, Bergo, Mendonça e Silva (2005), estudando época e frequência de corte por um período de três anos, observaram um teor médio de 3,3% para um corte ao ano no intervalo de 12 meses, com amplitudes de 2,3 a 3,9%, e de 2,8% para dois cortes ao ano no intervalo de 12 meses, com amplitudes de 2,5 a 2,9%.

Trata-se de uma variável pouco influenciada pelo manejo. Santos *et al.* (2009), estudando a existência de variabilidade genética para teor de OE na base livre de umidade em acessos de *P. hispidinervum* de 16 populações do banco de germoplasma da Embrapa Acre, constataram um teor médio de 3,63% e que as estimativas da herdabilidade média no sentido amplo (h^2_{gm}) foram de alta magnitude para esta característica (0,80). Com efeito, Mendonça *et al.* (2003), trabalhando com progênies de meios-irmãos da espécie, também apresentaram elevados valores para herdabilidade individual no sentido restrito para teor de OE (0,81).

Verificaram-se diferenças significativas entre as idades e os espaçamentos, não havendo interação entre os fatores para a produtividade de OE por hectare (Tabela 8).

Tabela 8 - Produtividade de OE¹ (L ha⁻¹) de *P. hispidinervum* quando submetidas a três idades de corte e três espaçamentos. Morretes/PR, 2009.

IDADE	ESPAÇAMENTO			Médias
	0,50 x 0,50 m	1,0 x 1,0 m	1,50 x 1,50 m	
9 meses	71	50	24	48 B
12 meses	140	82	61	94 A
15 meses	135	93	80	103 A
Médias	115 A	75 AB	55 B	

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ¹Dados transformados em log (x).

Para o fator idade, os tratamentos que se destacaram estatisticamente foram os cortes aos 12 e 15 meses, ou seja, em novembro de 2008 e fevereiro de 2009, com produtividades médias de 94 e 103 L ha⁻¹, respectivamente. Já para o fator espaçamento, a densidade de 40.000 plantas por hectare (0,50 x 0,50 m) resultou numa produtividade de 115 L ha⁻¹, destacando-se estatisticamente do espaçamento 1,50 x 1,50 m.

Por meio da Tabela 8, verifica-se que não houve diferença estatística entre as duas melhores idades de corte, aos 12 e 15 meses, o que torna a combinação idade 12 meses e o espaçamento 0,50 x 0,50 m uma opção comercial de cultivo, uma vez que se antecipa em 3 meses a colheita em relação ao corte aos 15 meses, sem interferir estatisticamente na produção.

4.3.3 Composição do óleo essencial

Embora a análise de variância do fator idade tenha apresentado significância para a variável percentual de safrol no OE (Anexo 6), estas diferenças não foram detectadas quando da aplicação do teste de Tukey, independentemente da idade de corte (Tabela 9). O fator espaçamento não foi significativo pelo teste de F.

Tabela 9 - Percentual de safrol no OE de *P. hispidinervum* quando submetidas a três idades de corte e três espaçamentos. Morretes/PR, 2009.

IDADE	ESPAÇAMENTO			Médias
	0,50 x 0,50 m	1,0 x 1,0 m	1,50 x 1,50 m	
9 meses	90,0	90,1	90,3	90,1 A
12 meses	92,7	89,7	93,3	91,9 A
15 meses	92,5	92,4	91,9	92,3 A
Médias	91,7 A	90,7 A	91,8 A	91,4

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A média geral do percentual de safrol nos OEs foi de 91,4%. Análises dos percentuais de safrol nos OEs extraídos da MSFOLHAS de populações de *P. hispidinervum* nativas da Amazônia/AC também apresentaram média semelhante de 92% (MIRANDA, 2001). O autor destaca a baixa variabilidade para esse caráter, com coeficiente de variação de 2,58% (MIRANDA, 2001). Neste experimento, o coeficiente de variação para esta variável foi de 1,62% (Anexo 6), demonstrando ter sido pouco influenciada pelo ambiente.

Percentuais semelhantes de safrol também foram obtidos por Santos *et al.* (2009) quando avaliaram 160 indivíduos da espécie *P. hispidinervum* pertencentes ao banco de germoplasma da Embrapa Acre. Neste estudo, os autores verificaram um percentual médio de 90,62%, e as estimativas da herdabilidade média no sentido amplo (h^2_{gm}) foram de alta magnitude para esta característica (0,84). Com efeito, Mendonça *et al.* (2003), avaliando progênies de meios-irmãos da mesma espécie, também constataram elevados valores para herdabilidade individual no sentido restrito para percentuais de safrol (0,98). Assim, a exemplo do teor de OE, este também é um caráter genético com pouca influência do ambiente, daí a alta herdabilidade constatada pelos autores.

Além do constituinte majoritário safrol, outros 17 compostos foram identificados no OE da *P. hispidinervum*: trans beta ocimeno; terpinoleno; para 8 cimenol; trans cariofileno; alfa humuleno; alfa pineno; mirceno; delta 3 careno; orto cimenol; limoneno; cis beta ocimeno; aloaromadendreno; germacreno D; biciclogermacreno; n pentadecano; espatulenol e óxido de cariofileno. Suas percentagens nos diferentes espaçamentos e idades de corte são apresentadas no Anexo 7.

Outrossim, Andrade, Guimarães e Maia (2009), avaliando 12 plantas de populações de *P. hispidinervum* coletadas nos estados do Pará, Mato Grosso e Acre quanto ao teor de OE das folhas e ramos finos e as percentagens dos seus constituintes químicos, observaram variações percentuais de 0,9 a 4,8%. Os maiores teores foram observados nas plantas coletadas em populações do Acre (4,8%), e os menores teores em populações do Pará e Mato Grosso (0,9%). Os constituintes principais, variando de 2,0 a 97,0%, foram (*E*) β -ocimeno, biciclogermacreno, pentadecano, terpinoleno, miristicina e safrol. Em função desta variação, os autores separaram a espécie em dois quimiotipos diferentes: quimiotipo A, caracterizado pelo alto percentual de safrol (72,3 a 97,3%), seguido de terpinoleno (0,1 a 10,5%),

pentadecano (0,1 a 8,7%), biciclogermacreno (0,3 a 2,9%) e (*E*) β -ocimeno (0,1 a 2,3%); quimiotipo B, caracterizado pelo alto percentual de miristicina (71,2%), seguido do safrol (18,4%).

4.3.4 Aspectos do desenvolvimento das plantas

No Anexo 8 são apresentados os resultados da análise de variância das variáveis relativas ao desenvolvimento das plantas. Verifica-se que para as variáveis altura e índice de área foliar (IAF), os fatores foram independentes. Para a variável diâmetro da copa, a interação foi estatisticamente significativa a 5%, indicando que os efeitos dos fatores não são independentes.

Na análise de variância, verificam-se diferenças significativas entre os fatores idade e espaçamento para todas as variáveis.

Embora a análise de variância do fator espaçamento tenha apresentado significância para variável altura das plantas (Anexo 8), estas diferenças não foram detectadas quando da aplicação do teste de Tukey, independentemente do espaçamento entre plantas utilizado (Tabela 10).

Tabela 10 - Altura (m) das plantas de *P. hispidinervum* submetidas a três idades de corte e três espaçamentos. Morretes/PR, 2009.

IDADE	ESPAÇAMENTO			Médias
	0,50 x 0,50 m	1,0 x 1,0 m	1,50 x 1,50 m	
9 meses	2,03	2,07	2,16	2,09 C
12 meses	2,26	2,82	2,66	2,58 B
15 meses	3,32	3,74	3,88	3,65 A
Médias	2,54 A	2,88 A	2,90 A	

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Deduz-se, da observação dessas alturas médias, segundo cada idade de corte, haver uma exportação crescente das reservas das plantas para a haste principal à medida que os cortes são atrasados, o que resulta numa altura média de 3,65 m quando o corte foi efetuado aos 15 meses. Esta altura é 74% maior que a altura média das plantas recepadas aos nove meses (2,09 m) pós-plantio. Na Amazônia Ocidental, plantas cultivadas no espaçamento 1,0 x 1,0 m e colhidas aos 12 meses atingem altura média de 1,70 m, idade ideal de colheita para aquela região (CAVALCANTE, 2002). A maior altura das plantas quando cultivadas em

Morretes/PR pode de atribuída aos elevados índices pluviométricos do município (Anexo 3).

Para o fator espaçamento, embora sem diferenças estatísticas entre eles, há uma tendência de menores alturas em menores espaçamentos.

Verifica-se que houve interação entre os fatores para a variável diâmetro da copa (Tabela 11), indicando haver dependência entre os efeitos da idade de corte e espaçamento para essa variável.

Tabela 11 - Diâmetro da copa¹ (m) das plantas de *P. hispidinervum* submetidas a três idades de corte e três espaçamentos. Morretes/PR, 2009.

IDADE	ESPAÇAMENTO		
	0,50 x 0,50 m	1,0 x 1,0 m	1,50 x 1,50 m
9 meses	1,02 AB b	1,30 A a	1,40 B a
12 meses	0,89 B b	1,40 A a	1,56 B a
15 meses	1,16 A c	1,51 A b	1,87 A a

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na vertical e minúscula na horizontal, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. ¹Dados transformados em log (x).

Comparando idade de corte, dentro de cada espaçamento, observa-se que houve diferenças estatísticas entre elas para o espaçamento 0,50 x 0,50 m e 1,50 x 1,50 m. No primeiro espaçamento destacou-se a idade 15 meses com 1,16 m, igual estatisticamente à idade 9 meses, mas diferente da idade 12 meses. No espaçamento 1,50 x 1,50 m, destacou-se o corte efetuado aos 15 meses com diâmetro de 1,87 m, diferenciando-se estatisticamente dos demais. Na comparação dos espaçamentos dentro de cada idade, os maiores espaçamentos, 1,0 x 1,0 m e 1,50 x 1,50 m, se diferenciaram estatisticamente do menor espaçamento, 0,50 x 0,50 m. Ambos com diâmetros iguais ou acima de 1,30 m.

Verificam-se, para a variável IAF (Tabela 12), diferenças significativas entre as idades e os espaçamentos, não havendo interação entre os fatores.

Tabela 12 - Índice de Área Foliar (IAF¹) das plantas de *P. hispidinervum* submetidas a três idades de corte e três espaçamentos. Morretes/PR, 2009.

IDADE	ESPAÇAMENTO			Médias
	0,50 x 0,50 m	1,0 x 1,0 m	1,50 x 1,50 m	
9 meses	3,64	2,40	1,26	2,43 B
12 meses	6,67	3,95	2,68	4,43 A
15 meses	6,51	3,51	3,08	4,37 A
Médias	5,61 A	3,28 B	2,34 B	

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ¹Dados transformados em log (x).

Para o fator idade, os tratamentos que se destacaram foram os cortes efetuados aos 12 e 15 meses, ou seja, em novembro de 2008 e fevereiro de 2009, com IAFs de 4,43 e 4,37, respectivamente. Já para o fator espaçamento, a densidade de 40.000 plantas por hectare (0,50 x 0,50 m) resultou no maior índice,

com 5,61, destacando-se das demais. Assim, estes tratamentos permitiram um maior desenvolvimento do aparelho fotossintético, determinando uma maior produtividade quando as plantas foram manejadas nesse espaçamento e nessas idades de corte. Esta maior produtividade pode ser comprovada na Tabela 6 – MSFOLHAS e em última análise na Tabela 8, que apresenta uma produtividade de OE de 140 ($L\ ha^{-1}$) quando utilizados o espaçamento de 0,50 x 0,50 e a colheita aos 12 meses.

O desenvolvimento das plantas, segundo as diferentes idades de corte, pode ser observado na Figura 8.



Figura 8 – *P. hispidinervum*: plantas aos 9, 12 e 15 meses após o plantio. Morretes/PR, 2009.

4.3.5 Capacidade de regeneração da espécie

A capacidade de regeneração da espécie foi observada num segundo corte (fevereiro de 2009) realizado após 6 meses do corte inicial (agosto de 2008). A regeneração é ilustrada na Figura 9 e os resultados relativos à produção e desenvolvimento das plantas segundo três diferentes densidades de plantas por hectare são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 – Capacidade de regeneração da *P. hispidinervum*: resultados médios relativos à produção e desenvolvimento da rebrota aos 6 meses. Morretes/PR, 2009.

VARIÁVEIS	ESPAÇAMENTO		
	0,50 x 0,50 m	1,00 x 1,00 m	1,50 x 1,50 m
MFTOTAL - kg ha ⁻¹	18.000 ± 9.145	10.333 ± 6.315	8.073 ± 4.586
MFCAULE - kg ha ⁻¹	9.000 ± 5.625	4.791 ± 3.361	3.981 ± 2.587
MFFOLHAS - kg ha ⁻¹	9.000 ± 4.221	5.542 ± 3.049	4.092 ± 2.015
MSFOLHAS - kg ha ⁻¹	2.185 ± 2.033	1.759 ± 1.198	1.555 ± 929
TEOR OE - %	2,28 ± 0,33	2,90 ± 0,59	2,77 ± 0,26
PRODUTIVIDADE OE - L ha ⁻¹	52 ± 25	42 ± 26	30 ± 18
SAFROL - %	88,8 ± 2,0	90,9 ± 1,7	89,4 ± 2,4
Brotos - n°	3,0 ± 1,0	5,8 ± 2,6	5,3 ± 2,1
Altura - m	1,9 ± 0,3	1,9 ± 0,4	2,2 ± 0,5
Diâmetro da copa - m	1,0 ± 0,2	1,1 ± 0,2	1,4 ± 0,3
IAF	4,7 ± 1,9	2,4 ± 1,4	1,8 ± 0,9



Figura 9 – *P. hispidinervum*: ilustração da brotação após um mês do corte inicial. Morretes/PR, 2008.

Observa-se, nas condições de clima e solo do litoral paranaense, que a espécie se regenerou após a primeira colheita. As médias foram de 3,0 ou mais brotos por planta conforme a densidade por hectare. Segundo Bergo, Mendonça e Silva (2005), esta característica permite a exploração da espécie de forma não-destrutiva, pois o OE se concentra nas folhas. Considerando que as plantas foram colhidas aos 6 meses após o primeiro corte, provavelmente cortes mais tardios dessa rebrota resultariam em maiores produtividades.

4.4 CONCLUSÕES

Conclui-se pela possibilidade de cultivo da espécie *P. hispidinervum* no município de Morretes/PR para produção de safrol.

A idade de corte e o espaçamento influenciam o desenvolvimento vegetativo e, conseqüentemente, a produtividade de MSFOLHAS da *P. hispidinervum*, mas não alteram o teor de OE e nem o percentual de safrol no óleo.

As melhores idades de corte são aos 12 ou 15 meses num espaçamento de 0,50 x 0,50 m entre plantas. Nestas condições de manejo, o teor médio de OE é de 3,5% com produtividade acima de 94 litros de OE por hectare com percentual mínimo de safrol de 91%.

A espécie apresenta boa capacidade de rebrota após o primeiro corte, com três ou mais brotos por planta, possibilitando novos cortes sem necessidade de replantio.

REFERÊNCIAS

- AFLATUNI, A. **The yield and essential oil content of mint (*Mentha spp*) in northern Ostrobothnia**. 50 f. Dissertação (Mestrado em Biologia) – Departamento de Biologia Universidade de Oulu, Finlândia. Oulu, 2005.
- ALVES, S.M. *et al.* **Eficiência da extração e análise qualitativa de óleo essencial de biomassa aérea de pimenta longa**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2004. 31p. (Documentos, 200).
- ANDRADE, E.H. de A.; GUIMARÃES, E.F.; MAIA, J.G.S. **Variabilidade química em óleos essenciais de espécies de *Piper* da Amazônia**. Belém: FEQ/UFPA, 2009.
- BASSOLS. M. do C. Densidade de plantio em pessegueiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 5., 1979, Pelotas. **Anais...** Pelotas: SBF, 1979. p.1015-1029.
- BERGO, C. L.; MENDONÇA, H. A. de; SILVA, M. R. da. Efeito da época e frequência de corte de pimenta longa (*Piper hispidinervum* C. DC.) no rendimento de óleo essencial. **Acta Amazonica**, v. 35, n. 2, p.111-117, 2005.
- BIASI, L.A.; DESCHAMPS, C. **Plantas aromáticas: do cultivo à produção de óleo essencial**. 1. ed. Curitiba: Layer Studio Gráfico e Editora Ltda, 2009.
- BIOTRADE: <http://www.biotrade.org/Regional/Amazon/Consultants%20Area/Assessment%20Studies/Brazil/DraftAssessmentBiotrade.doc>. Acesso em: 20/05/2009.
- CAVALCANTE, M. de J. B. (Ed.). **Cultivo de pimenta longa (*Piper hispidinervum*) na Amazônia Ocidental**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2002. 29p. (Embrapa Acre. Sistemas de Produção, 1).
- CORRÊA JÚNIOR, C.; MING, L. G.; SCHEFFER, M. C. **Cultivo de plantas medicinais condimentares e aromáticas**. Curitiba: EMATER, 1991. 151p.
- CORRÊA JÚNIOR, C.; GRAÇA, L.R.; SCHEFFER, M.C. Produção de plantas medicinais, condimentares e aromáticas no Estado do Paraná. In: CORRÊA JUNIOR, C.; GRAÇA, L. R.; SHEFFER, M. C. (Org.). **Complexo agroindustrial das plantas medicinais, aromáticas e condimentares no estado do Paraná:**

diagnóstico e perspectivas. Curitiba: Sociedade Paranaense de Plantas Medicinais: Emater: Embrapa Florestas, 2004. p.48-68.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos/[editores técnicos, Humberto Gonçalves dos Santos... *et al.*] – 2. ed. Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**, 2006.

FARIAS, M. R. **Avaliação da qualidade de matérias-primas vegetais.** In: SIMÕES, C.M.O., org. Farmacognosia: da planta ao medicamento. 6 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS; Florianópolis: Editora da UFSC, 2007. p.263-288.

GALVANI, E. *et al.* Efeitos de diferentes espaçamentos entre sulcos na produtividade agrícola de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.54, n.1-2, p. 62-68, 1997.

IAPAR. Instituto Agrônomo do Paraná. **Cartas Climáticas do Estado do Paraná 1994.** Londrina: IAPAR, 1994. 49p. (Documento, 18).

MAGALHÃES, A.C.N. **Análise quantitativa do crescimento.** In: Fisiologia vegetal. São Paulo: Editoras EPU e EDUSP, v.1, p. 331–350, 1979.

MAIA, J. G. S. *et al.* Constituents of the essential oil of *Piper aduncum* L. growing wild in the amazon region. **Flavour and Fragrance Journal**, v.13, p.269-272, 1998.

MIRANDA, E.M. de. **Caracterização e avaliação produtiva de uma população nativa de pimenta longa (*Piper hispidinervum* C.DC.) no seringal Cachoeira, AC.** In: Pimentel, F.A. & Rocha Neto, O.G. da Workshop de encerramento do projeto Desenvolvimento de Tecnologias para Produção de Safrol a partir da Pimenta Longa (*Piper hispidinervum* C.DC.), 2001, Rio Branco, AC. Rio Branco: Embrapa Acre; Belém: Embrapa Amazônia Oriental/DFID. p. 45-50, 2001.

MENDONÇA, H.A.; LEDO, F.J.S.; BASTOS, R.M. Estimação de parâmetros genéticos em pimenta longa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 2., 2003, Porto Seguro. Melhoramento e qualidade de vida. **Anais...**, Salvador:UFB, Cruz das Almas: Embrapa mandioca e Fruticultura, 2003, (CD,ROM).

MONTEIRO, R. **Desenvolvimento de menta e produção de óleo essencial sob diferentes condições de manejo.** 81 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologia de aplicação**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2007.

NISSEN, O. MSTAT-C. **A microcomputer for desing, management and analysis of agronomic research experiments**. Version 2.11 East Lansing: Michigan State University, p.300, 1993.

PIMENTEL, F. A. **Pimenta longa: de erva daninha a planta de interesse comercial**. Rio Branco: EMBRAPA ACRE, 2000. Folder.

PIMENTEL, F.A.; MIRANDA, E.M. de. Eficiência de secadores solares com diferentes tipos de cobertura na secagem da biomassa de pimenta longa. In: PIMENTEL, F. A.; ROCHA NETO, O. da. **Workshop de encerramento do projeto de desenvolvimento de tecnologias para produção de safrol a partir de pimenta longa (*Piper hispidinervum*)**. Rio Branco: Embrapa Acre. 2001.p.153-158. (Embrapa Acre. Documentos, 75).

PIMENTEL, F.A. *et al.* **Recomendações básicas para o cultivo da pimenta longa (*Piper hispidinervium*) no Estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre, 1998, 14p. (Circular Técnica, 28).

ROHLOFF, J. *et al.* Effect of harvest time and drying method on biomass production, essential oil yield and quality of peppermint (*Mentha x piperita* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**., n.53, p.4143-4148, 2005.

SANTOS, L. F. A. de. *et al.* Variabilidade para teor de safrol e rendimento de óleo em populações do banco de germoplasma de pimenta longa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 5., 2009, Guarapari. **Anais...** Vitória: SBMP: Icapar, [2009]. 1 CD ROM.

SILVA, A. V. *et al.* Incidência da radiação solar em plantas de algodoeiro sob três diferentes espaçamentos entrelinhas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 5, Salvador. **Anais...** Salvador, 2005.

SILVA, E.S.A.; ROCHA NETO, O.G. da; FIGUEIREDO, F.J.C. Crescimento e produção de óleo essencial de pimenta longa (*Piper hispidinervum*) C.DC.) sob diferentes condições de manejo, no município de Igarapé-Açu, PA. In: PIMENTEL, F. A.; ROCHA NETO, O. da. **Workshop de encerramento do projeto de desenvolvimento de tecnologias para produção de safrol a partir de pimenta longa (*Piper hispidinervum*)**. Rio Branco: Embrapa Acre. 2001.p.90-95. (Embrapa Acre. Documentos, 75).

SIMÕES, C.M.O.; SPITZER, V. **Óleos voláteis**. In: SIMÕES, C.M.O., org. Farmacognosia: da planta ao medicamento. 6 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS; Florianópolis: Editora da UFSC, 2007. p.467-495.

SOUSA, J.A. de. *et al.* Coleta, caracterização e avaliação do banco ativo de germoplasma de pimenta longa (*Piper spp.*) da Embrapa Acre. In: PIMENTEL, F. A.; ROCHA NETO, O. da. **Workshop de encerramento do projeto de desenvolvimento de tecnologias para produção de safrol a partir de pimenta longa (*Piper hispidinervum*)**. Rio Branco: Embrapa Acre. 2001.p.15-21. (Embrapa Acre. Documentos, 75).

SOUSA, M. de M. M.; LÉDO, F. J. da S.; PIMENTEL, F. A. Efeito da adubação e do calcário na produção de matéria seca e de óleo essencial de pimenta longa. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.3, p.405-409, 2001.

WADT, L. H. de O. **Estrutura genética de populações naturais de pimenta longa (*Piper hispidinervum* C. DC.) visando ao seu uso e conservação**. 2001. 95 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2001.

WADT, L.H. de O.; KAGEYAMA, P.Y. Estrutura genética e sistema de acasalamento de *Piper hispidinervum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.2, p.151-157, 2004.

YUNCKER, T.G. New Piperaceae of Brazil I: *Piper* – Group, I, II, III, IV. **Hoehnea**, v.2, p.19-366, 1972.

5 DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO, PRODUTIVIDADE E COMPOSIÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE DUAS PROCEDÊNCIAS DE PIMENTA-DE-MACACO (*Piper aduncum* L.) SUBMETIDAS A DIFERENTES IDADES DE CORTE

RESUMO

Espécies do Gênero *Piper* destacam-se por fornecer matéria-prima para a indústria de perfumaria, de fármaco ou ainda como condimento, a exemplo da pimenta do reino. Entre essas espécies, destaca-se *Piper aduncum* L. (pimenta-de-macaco) por sua utilização na medicina popular e no controle de pragas e doenças de interesse agropecuário, pela presença de dilapiol, um composto de ação inseticida e fungicida. Estudos sobre o seu cultivo são escassos. Objetivando a produção de óleo essencial (OE) contendo dilapiol, foram avaliadas, nas condições edafoclimáticas do litoral paranaense, duas procedências de *P. aduncum* quanto ao desenvolvimento vegetativo, teor, produtividade e composição do OE. As mudas foram produzidas a partir de sementes obtidas de plantas matrizes pertencentes ao banco de germoplasma da Embrapa Acre e a um remanescente de Floresta Ombrófila Densa, localizada no município de Morretes/PR. O experimento foi conduzido no município de Morretes/PR, no período de novembro de 2007 a junho de 2009. O delineamento foi em blocos casualizados, com 3 repetições e 8 tratamentos, arranjados num fatorial 4 x 2, combinando quatro idades de corte (9, 12, 15 e 18 meses após o plantio) com duas procedências (Acre e Paraná). Utilizou-se espaçamento de 1,0 x 1,0 m entre plantas. A procedência Acre colhida aos 18 meses após o plantio alcançou produtividade estimada de 83 litros por hectare de OE com percentual médio de dilapiol de 80%, diferenciando-se estatisticamente dos demais tratamentos. A composição dos OEs das duas procedências foi coincidente em mais de 86% dos compostos, mas com grandes diferenças percentuais entre eles, com presença majoritária do dilapiol na procedência Acre e ausência na procedência Paraná, caracterizando quimiotipos distintos por influência, principalmente, de fatores ambientais e genéticos. Na procedência Paraná, os constituintes majoritários foram biciclogermacreno e espatulenol, com médias de 13,7% e 13%, respectivamente. Conclui-se pela possibilidade de cultivo da espécie *P. aduncum* no município de Morretes/PR. Para a produção de dilapiol, recomenda-se a procedência Acre.

Palavras-Chave: Piperaceae. Planta aromática. Planta medicinal. Dilapiol.

**5 VEGETATIVE DEVELOPMENT, PRODUCTIVITY AND COMPOSITION OF
ESSENTIAL OIL FROM MONKEY- PEPPER (*Piper aduncum* L.) ORIGINATED
FROM TWO DIFFERENT SITES AND SUBJECTED TO DIFFERENT PLANT AGES
AT THE HARVESTING TIME**

ABSTRACT

Species of the *Piper* genus stand out for providing raw material for the fragrance, drug or condiment industries, such as black pepper. Among these species *Piper aduncum* L. (monkey-pepper) stands out from their use in folk medicine and in the control of pests and diseases of agricultural interest due to the presence of dillapiol, a compound with insecticide and fungicide activity. Studies on its cultivation are scarce. *P. aduncum* plants originated from two different sites were studied regarding the vegetative development, content, productivity and EO composition in order to evaluate the production of essential oil (EO) containing dillapiol in the edaphic-climatic conditions of the paranaense littoral. The seedlings were produced from seeds obtained from plants belonging to the germplasm bank of Embrapa Acre and from a remaining Ombrophylus Dense Forest area, located in the municipality of Morretes/PR. The experiment was conducted in the municipality of Morretes/PR, from November 2007 to June 2009. The approach used randomized sets with 3 replicates and 8 treatments arranged in a 4 x 2 factorial, combining four plant ages at the harvesting time (9, 12, 15 and 18 months after seeding) with two origin sites (Acre and Paraná). A spacing of 1.0 x 1.0 m between plants was used. Plants originated from Acre and harvested at 18 months after seeding achieved an estimated productivity of 83 liters per hectare of EO with a dillapiol percentage average of 80% which was statistically different from the other treatments. The EO's composition in plants from the two origins was coincident in more than 86% of the compounds, however with large differences in the percentages between them. The presence of dillapiol in the EO from all plants originated from Acre and its absence in plants originated from Paraná characterizes distinct chemotypes mainly influenced by environmental and genetic factors. The most prevalent compounds in the plants originated from Paraná were bicyclogermacrene and spathulenol, averaging 13.7% and 13% respectively. This study indicates favorably the possibility of cultivation of *P. aduncum* in the municipality of Morretes/PR, nevertheless the use of plants originated from Acre is recommended for the production of dillapiol.

Keywords : . Piperaceae Aromatic plant. Medicinal plant. Dillapiol.

5.1 INTRODUÇÃO

Os recursos naturais tornam-se conhecidos, gradativamente, à medida que a pesquisa científica se intensifica e os resultados são disponibilizados. O aproveitamento da flora nativa se insere neste contexto. Plantas têm sido usadas por suas propriedades medicinais, ação inseticida ou fungicida, ou ainda como fonte de biomoléculas para produção industrial de medicamentos, mas poucas se destacam devido à falta de atenção científica na identificação e domesticação de espécies promissoras. Entre elas encontra-se *Piper aduncum* L., conhecida como “pimenta-de-macaco”, por possuir potencial para exploração econômica, quer seja em função de sua utilidade na saúde humana ou ainda na elaboração de produtos para o controle de pragas e doenças de interesse agropecuário (GAIA *et al.*, 2004. FAZOLIN *et al.*, 2006; BENCHIMOL; SILVA; VERZIGNASSI, 2008; ANDRADE; GUIMARÃES; MAIA, 2009).

A espécie é encontrada nas Américas Central e do Sul. No Brasil, é frequente na Mata Atlântica e no bioma Floresta Amazônica, especialmente no Acre, nos Vales dos Rios Juruá e Purus (GUIMARÃES; GIORDANO, 2004; ANDRADE; GUIMARÃES; MAIA, 2009). Ocorre em áreas abertas, em capoeiras ou em bordas de florestas, formando aglomerados, mostrando ser uma espécie heliófila (RUI, 2002).

Na maioria dos testes fitoquímicos com populações de *P. aduncum* de diferentes localizações geográficas, ela se destaca como produtora de dilapiol, um componente que aparece como constituinte principal do seu óleo essencial, variando de 58 a 88% (SMITH; KASSIM, 1979; GOTTLIEB *et al.*, 1981), ou ainda de 31 até 97% (MAIA *et al.* 1998; ANDRADE; GUIMARÃES; MAIA, 2009). Trata-se de uma espécie pouco estudada, principalmente quanto às técnicas de cultivo.

Segundo Potzernheim, Bizzo e Vieira (2006), quando se pensa na coleta de plantas medicinais e aromáticas deve-se reconhecer a importância dos estudos agrônômicos, químicos e farmacológicos, nos quais se busca avaliar e melhorar a capacidade destas plantas de produzir determinado constituinte químico. Consideram ainda que o uso de espécies aromáticas com potencial medicinal e mesmo industrial deve ser precedido de um estudo de avaliação geográfica em relação à produção das substâncias de interesse. Isto porque, além da variabilidade

química apresentada decorrente de diferentes ambientes, é importante considerar as variações decorrentes de diferenças genéticas, que são fundamentais para uma abordagem posterior no melhoramento da espécie.

Este ponto de vista também é compartilhado por Vieira e Simon (2000), que, em estudos com populações silvestres de plantas aromáticas e medicinais, também relacionam a composição química dessas espécies com suas respectivas áreas de ocorrências, demonstrando a existência de variação genética entre plantas de diferentes populações.

Reis, Mariot e Steenbock (2007) destacam que um elemento fundamental a ser considerado no cultivo de plantas aromáticas é a necessidade de associar a produção de biomassa à qualidade da planta como matéria-prima e que, nesse sentido, é preciso almejar uma produtividade ótima, não só de biomassa, mas também do (s) princípio (s) ativo (s) que tornam a planta uma espécie de interesse.

Estudos sobre técnicas de cultivo da *P. aduncum* são escassos assim como a aplicação dessas técnicas em populações originárias de biomas distintos como o da Amazônia e Mata Atlântica. Este trabalho, além do objetivo de gerar informações que possam ser empregadas nas futuras práticas culturais da *P. aduncum*, buscou avaliar, nas condições edafoclimáticas do litoral paranaense (Morretes/PR), o efeito da idade de corte no desenvolvimento vegetativo de duas procedências de *P. aduncum* visando à produção de OE contendo, especialmente, dilapiol.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1 Material vegetal

As sementes da *P. aduncum*, procedência Acre, foram coletadas em novembro de 2006 de aproximadamente 40 plantas matrizes pertencentes ao banco de germoplasma da Embrapa Acre, latitude 9°58'22" S, longitude 67°48'40" W, situada no município de Rio Branco/AC. As sementes da procedência Paraná foram coletadas de plantas nativas em janeiro de 2007, em um remanescente de Floresta

Ombrófila Densa, pertencente à empresa Solar Paisagismo Ltda., latitude 25°25'51,3" S e longitude 48°52'37,7" W, localizada no município de Morretes/PR.

Para a coleta e o preparo das sementes, seguiu-se o procedimento descrito por Cavalcante (2002), em que as espiguetas maduras foram coletadas manualmente e imersas por 24 horas em água e amassadas posteriormente em peneira de polietileno de 230 meshes para liberação das sementes e retirada da mucilagem. Em seguida, as sementes foram secas sobre papel ao ar livre, em local sombreado e ventilado, durante 72 horas, e armazenadas em embalagens de vidro na cor âmbar, hermeticamente fechadas e mantidas em refrigerador a 10 °C até a semeadura.

5.2.2 Preparo das mudas

As mudas foram produzidas em condições de casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo da Universidade Federal do Paraná.

A semeadura foi realizada a lanço em abril de 2007 em bandejas plásticas de 40x30x10 cm (CxLxA), contendo PLANTMAX HT® peneirado. A densidade de semeadura foi de aproximadamente 5 sementes por cm². As sementes foram cobertas com uma fina camada do mesmo substrato peneirado. As bandejas permaneceram sob irrigação intermitente, com três turnos de rega: 15 segundos a cada 15 minutos, das 08:00h às 17:00h; 15 segundos a cada hora, das 17:00h às 23:00h; e 15 segundos a cada 3 horas, das 23:00h às 08:00h.

Em julho de 2007, 70 dias após a semeadura, as plântulas, com aproximadamente 3 cm, foram transplantadas para os tubetes plásticos com capacidade de 280 cm³ (5,2 cm de diâmetro e 19 cm de altura). O substrato utilizado foi uma mistura de PLANTMAX HT® mais terra peneirada na proporção de 2:1. Nesta fase, as mudas permaneceram ainda na casa de vegetação, mas com irrigação diária manual, ficando neste ambiente até novembro de 2007, quando foram transplantadas para o campo com aproximadamente 15 cm de altura. A Figura 10 ilustra quatro fases do processo de formação das mudas de *P. aduncum*.



Figura 10 – *P. aduncum*: plântulas aos 70 dias nas sementeiras (a); plântulas no momento do transplântio (b); mudas aos 150 dias (c); Mudas aos 210 dias (d). Curitiba/PR, 2007.

5.2.3 O experimento

O experimento foi conduzido em uma área de 12 hectares pertencente à empresa Solar Paisagismo Ltda., situada no município de Morretes/PR, com localização geográfica 25°25'51,3" S e 48°52'37,7" W, no período de novembro de 2007 a junho de 2009.

A região caracteriza-se por clima do tipo Cfa, conforme classificação de Köepen, que corresponde a clima subtropical, temperatura média do mês mais frio

inferior a 18° C (mesotérmico) e temperatura média no mês mais quente acima de 22° C, com verões quentes, geadas pouco frequentes (Anexo 2), e temperatura média anual de aproximadamente 25° C (IAPAR, 1994).

Os índices pluviométricos (Anexo 3) do município são elevados, com média em torno de 2000 mm anuais e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida. O solo da região recebe classificação de *CAMBISSOLOS FLÚVICOS Tb Distrófico típico* (EMBRAPA, 2006).

Para caracterização química da área experimental, amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0 a 20 cm e enviadas para análises no Laboratório de Fertilidade do Departamento de Solos da UFPR e interpretadas de acordo com Serrat, Krieger e Motta (2006). Os resultados são apresentados no Anexo 9. Trata-se de um solo de textura média e fertilidade baixa com pH de 4,6 e saturação por base de 37%.

No preparo do solo, executado em outubro de 2007, realizou-se uma aração, seguida de uma gradagem, sem adubação mineral e calagem.

O plantio, no espaçamento único de 1,0 x 1,0 m entre plantas, foi realizado em novembro de 2007, quando as mudas, com cerca de 210 dias após a semeadura, apresentavam altura aproximada de 15 cm. Foi utilizada uma muda por cova, aberta com cavadeira “boca de lobo”, nas dimensões de 15 cm de diâmetro por 25 cm de profundidade.

5.2.4 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento foi em blocos casualizados com 3 repetições e 8 tratamentos arranjados num fatorial 4 x 2, combinando os fatores idade de corte x procedência conforme (Quadro 4).

Quadro 4 – *P. aduncum*: detalhamento do delineamento experimental.

Tratamentos	Idades de corte	Procedências
1	9 meses pós plantio	Acre
2	9 meses pós plantio	Paraná
3	12 meses pós plantio	Acre
4	12 meses pós plantio	Paraná
5	15 meses pós plantio	Acre
6	15 meses pós plantio	Paraná
7	18 meses pós plantio	Acre
8	18 meses pós plantio	Paraná

Cada parcela foi constituída de 16 plantas (4 x 4 unidades), sendo úteis as 4 plantas centrais. Em fevereiro de 2008, 3 meses após o plantio, foi realizada uma adubação orgânica com 2 quilos de composto por planta. Para caracterização química deste composto, uma amostra foi enviada para análise no laboratório de Fertilidade do Departamento de Solos da UFPR e interpretada de acordo com Serrat, Krieger e Motta (2006). Os resultados são apresentados no Anexo 5.

A Figura 11 ilustra três fases distintas da condução do experimento: plantio e plantas aos 3 e 6 meses após o plantio.



Figura 11 – *P. aduncum*: diferentes fases do experimento - plantio e plantas aos 3 e 6 meses após o plantio. Morretes/PR, 2008.

As variâncias dos tratamentos foram testadas quanto à sua homogeneidade pelo teste de Bartlett, com dados transformados por $(\log x)$, quando necessário. Para as variáveis MFTOTAL – massa fresca total; MFCAULE – massa fresca do caule; Relação MFFOLHAS/MFTOTAL; MFFOLHAS – massa fresca das folhas e ramos finos; MSFOLHAS – massa seca das folhas e ramos finos; Produtividade de OE; Altura; Diâmetro da copa e IAF foram ajustadas equações de regressão polinomial em função da idade de corte e das procedências, utilizando nível de significância de 5% de probabilidade para o teste F. Para as demais variáveis, onde não foi possível

ajustar uma equação de regressão, elas foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%.

5.2.5 Avaliações

Para as avaliações de desenvolvimento vegetativo, teor, produtividade e composição do OE das procedências, as plantas foram cortadas a 40 cm do solo com o auxílio de um facão nas seguintes idades: 9 meses (agosto de 2008 – inverno), 12 meses (novembro de 2008 – primavera), 15 meses (fevereiro de 2009 – verão) e 18 meses (maio de 2009 – outono).

Em cada data de avaliação, as plantas úteis foram retiradas da área e pesadas individualmente quanto à produção de massa fresca total (MFTOTAL) em kg ha^{-1} ; massa fresca do caule (MFCAULE) em kg ha^{-1} ; massa fresca das folhas e ramos finos (MFFOLHAS) em kg ha^{-1} . A relação entre folhas e ramos finos das amostras foi de aproximadamente 4/1. Esta última variável foi mensurada para obtenção da relação MFFOLHAS/MFTOTAL. A Figura 12 ilustra o corte, transporte e pesagem da massa fresca.

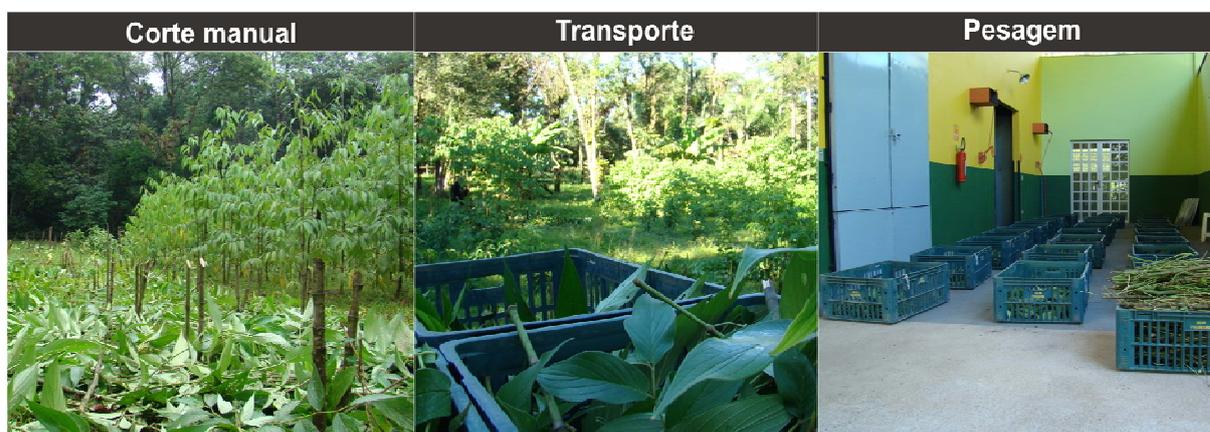


Figura 12 – *P. aduncum*: plantas recém-cortadas, transporte e pesagem da massa fresca. Morretes/PR, 2008.

Amostras homogêneas de 10% da MFFOLHAS foram retiradas de cada parcela, das quais aproximadamente 100 g foram secas em estufa com circulação de ar (FANEM - Mod. 320 SE) a 65°C , até peso constante, para determinação da massa seca das folhas e ramos finos (MSFOLHAS) em kg ha^{-1} . O volume restante foi seco à sombra até atingir aproximadamente 12% de umidade, servindo de base

para a destilação, determinação do teor de OE (%), da produtividade de OE em L ha⁻¹ e identificação percentual dos constituintes químicos do OE.

Na destilação, realizada no Laboratório de Ecofisiologia do Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo da Universidade Federal do Paraná, duas categorias de subamostras por parcela foram retiradas. Uma de 100 g para a extração do OE por hidrodestilação em aparelho graduado Clevenger durante 4 horas e outra, de 50 g, seca em estufa com circulação de ar (FANEM - Mod. 320 SE) a 65°C, até peso constante, para expressar o teor de OE em base seca.

O volume de OE extraído foi determinado com micropipetas de precisão (ajuste de 0-100 µL).

Nas avaliações dos aspectos relativos ao desenvolvimento das plantas, foram mensuradas as seguintes variáveis: altura (m), diâmetro da copa (m) e índice de área foliar (IAF). Para as medições das alturas, foi utilizada uma régua graduada, e as medições do diâmetro da copa, foram feitas, com auxílio de uma trena, duas medidas ortogonais passando pelo centro da copa, registrando-se a média entre elas.

Na determinação da área foliar, foram cortados 100 discos de área conhecida (0,7854 cm²) de 10 folhas do terço médio das 4 plantas úteis de cada parcela e em seguida determinada sua massa seca. Pela massa seca total de folhas por planta, sem considerar ramos finos, foi estimada a área foliar.

Também foi realizado um corte da rebrota em fevereiro de 2009, seis meses após o corte inicial de agosto de 2008.

Este resultado foi analisado separadamente do experimento, computando-se as médias e desvios padrão das mesmas variáveis já descritas na metodologia, acrescidas da variável número de brotações por planta.

5.2.6 Análise dos constituintes químicos do OE

As amostras dos OEs de cada parcela da *P. aduncum* foram analisadas no Laboratório de Análise de Combustíveis Automotivos, no Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal do Paraná. Para a identificação e quantificação dos constituintes do OE, foram utilizadas cromatografia gasosa com

detector de ionização de chama (CG-DIC) e cromatografia acoplada à espectrometria de massas (CG-EM), respectivamente. O sistema CG-DIC (Varian, modelo CP 3800) foi programado para uma corrida cromatográfica de 65 minutos, usando uma coluna capilar (Chrompack, CPSIL 8 CB; 0,25 mm x 30 m), com detector a 300° C e injetor a 250° C, com "split" 1:100. O gás de arraste utilizado foi o hélio a 1 mL/min., injetando-se 1,0 microlitro de amostra e programação do forno com as seguintes etapas: temperatura inicial a 60° C com elevação de temperatura a 240° C, na razão de 3°C/min., permanecendo por 5 minutos. O sistema CG-EM (Varian, modelo CP 3800/Saturn 2000) foi programado nas mesmas condições analíticas, exceto para o injetor, com "split" 1:300 e injeção de menor quantidade de amostra (0,4 microlitros). As temperaturas do "transfer line", "manifold" e "ion trap" foram respectivamente, 250° C, 80° C e 150° C para obtenção de espectros de massas.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Anexo 10 são apresentados os resultados da análise de variância dos dados das variáveis relativas à produção, teor e produtividade de OE.

Verifica-se que a análise de variância mostrou interação significativa entre idade de corte e procedência para as variáveis MFTOTAL, MFCAULE, teor de OE em relação à massa seca (%) e produtividade de OE em L ha⁻¹.

Não houve interação entre os fatores para as variáveis MFFOLHAS, MSFOLHAS e relação MFFOLHAS/MFTOTAL, indicando que os fatores são independentes para estas variáveis.

Verificaram-se diferenças significativas entre as idades para todas as variáveis relativas à produção. Para o fator procedência, somente as variáveis MFFOLHAS e MSFOLHAS não apresentaram diferenças significativas.

5.3.1 Produção de biomassa

No Anexo 10 são apresentados os resultados da análise de variância dos dados das variáveis relativas à produção, teor e produtividade de OE.

Verifica-se que a análise de variância mostrou interação significativa entre idade de corte e procedência para as variáveis MFTOTAL, MFCAULE, teor de OE em relação à massa seca (%) e produtividade de OE em $L\ ha^{-1}$.

Não houve interação entre os fatores para as variáveis MFFOLHAS, MSFOLHAS e relação MFFOLHAS/MFTOTAL.

Verificaram-se diferenças significativas entre as idades para todas as variáveis relativas à produção. Para o fator procedência, somente as variáveis MFFOLHAS e MSFOLHAS não apresentaram diferenças significativas.

Os resultados de produtividade MFTOTAL são apresentados na Figura 13. São observados um efeito linear para a produtividade da procedência Acre e uma resposta quadrática para a procedência Paraná. A produtividade de MFTOTAL da procedência Acre aumentou linearmente com a elevação da idade de corte, $Y = 20095,8 + 2755,5X$ com $R^2 = 0,96$, passando de 6.250 aos 9 meses para 31.667 $kg\ ha^{-1}$ aos 18 meses. Para a procedência Paraná, a produtividade de MFTOTAL apresentou resposta quadrática de aumento com elevação da idade de corte ($Y = -36391,9 + 5947,3X - 171,3X^2$, com $R^2 = 0,68$), alcançando um máximo estimado de 15.000 $kg\ ha^{-1}$ aos 17,36 meses.

Esta inflexão da produtividade da MFTOTAL da procedência Paraná de 18.625 $kg\ ha^{-1}$ no corte aos 15 meses para 13.707 $kg\ ha^{-1}$ no corte realizado aos 18 meses pode ser atribuída, em parte, a baixa precipitação no mês de maio quando foi realizado este último corte. A precipitação neste mês, tradicionalmente menor, também ficou abaixo da média histórica do período 1966-2008 (Anexo 3).

Ressalta-se que nas condições do Paraná não temos informações da resposta desta espécie quando submetida à prática de cultivo.

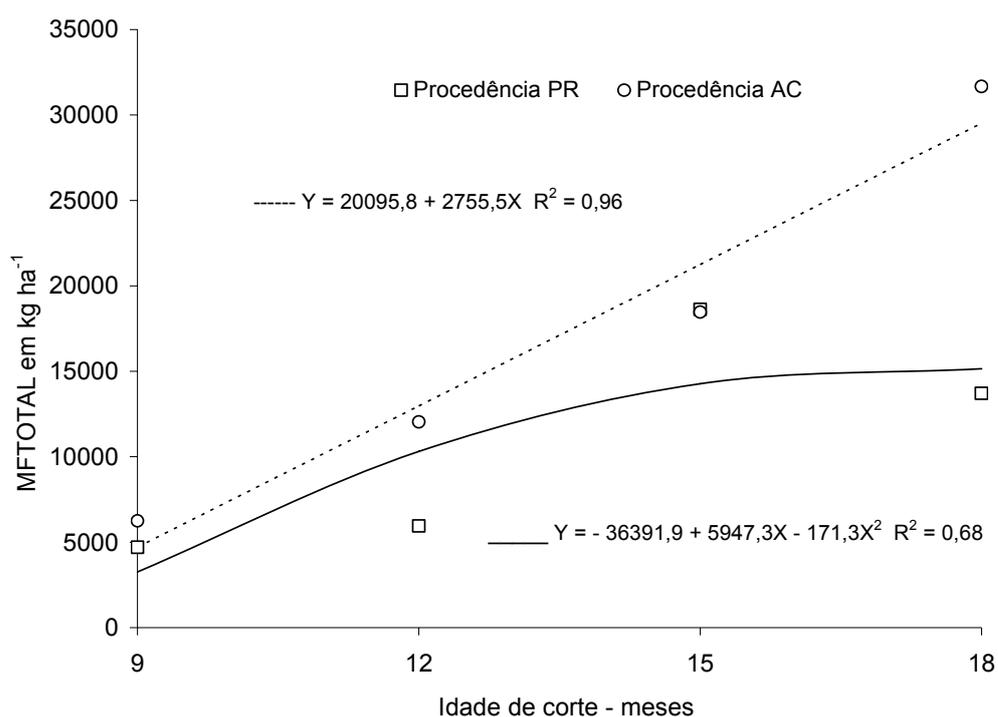


Figura 13 – Produtividade de massa fresca total (MFTOTAL) em kg ha⁻¹ de duas procedências de *P. aduncum* em quatro diferentes idades. Morretes/PR, 2009.

Os resultados de produtividade de MFCAULE são apresentados na Figura 14.

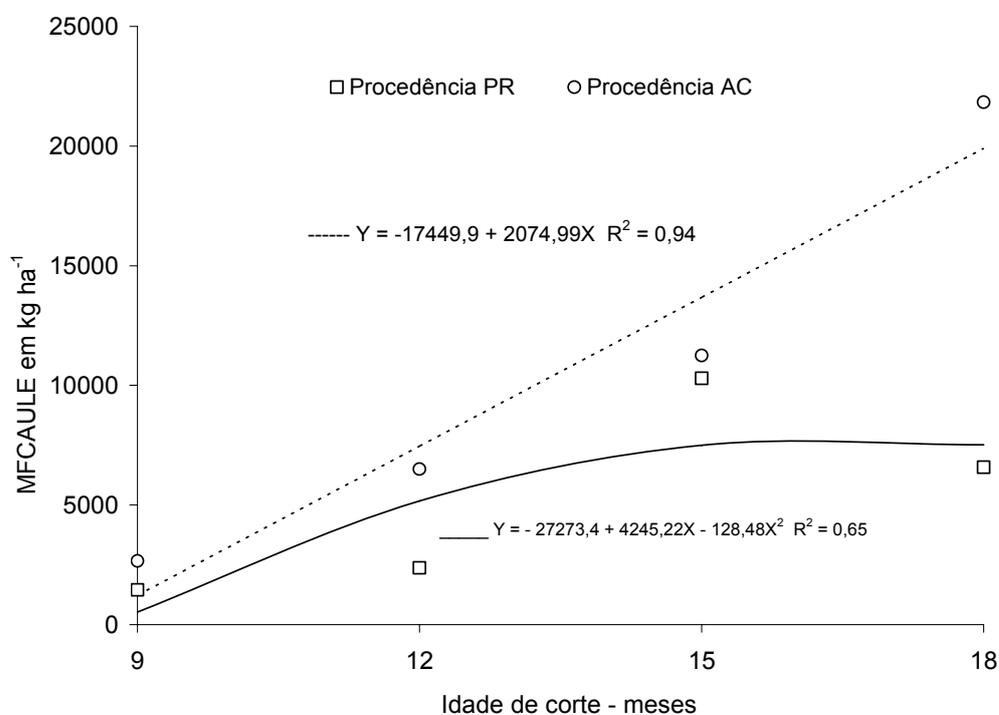


Figura 14 – Produtividade de massa fresca do caule (MFCAULE) em kg ha⁻¹ de duas procedências de *P. aduncum* em quatro diferentes idades. Morretes/PR, 2009.

Também para essa variável, observa-se um efeito linear para a produtividade da procedência Acre e uma resposta quadrática para a procedência Paraná. A produtividade de MFCAULE da procedência Acre aumentou linearmente com a elevação da idade de corte, $Y = -17449,9 + 2074,99X$ com $R^2 = 0,94$, passando de 2.667 aos 9 meses para 21.833 kg ha⁻¹ aos 18 meses. Para a procedência Paraná, a produtividade de MFCAULE apresentou resposta quadrática de aumento com o avanço da idade ($Y = -27273,4 + 4245,22X - 128,48X^2$, com $R^2 = 0,65$), alcançando um máximo estimado de 7.794 kg ha⁻¹ aos 16,52 meses.

É notável, independente da idade de corte, a maior produtividade de MFCAULE da procedência Acre em relação à procedência Paraná. Observa-se que no corte aos 18 meses esta produtividade de MFCAULE da procedência Acre (21.833 kg ha⁻¹) é mais que 3 vezes a produtividade da procedência Paraná (6.583 kg ha⁻¹). Este comportamento, independente da procedência, aparenta ser também uma característica da espécie uma vez que plantas quando colhidas mais velhas produzem mais MFCAULE em relação à MFFOLHAS.

Costa *et al.* (2008), estudando o comportamento da espécie *Piper aduncum* em Manaus AM, num espaçamento de 1,0 x 1,0 m entre plantas, concluíram que enquanto a produção de folhas por planta tendeu a se estabilizar a partir do sexto mês pós-plantio, a produção de caule foi crescente e tornou-se o principal componente percentual da produção total. Este fato, segundo os autores, contribuiu para que as plantas avaliadas tomassem um aspecto de arvoreta com altura média de 3 metros e, à medida que avançavam no seu crescimento, apresentavam ainda uma senescência acentuada nas folhas, favorecendo uma maior contribuição dos caules na produção total da biomassa da planta.

Esta tendência também pode ser observada nos resultados da relação MFFOLHAS/MFTOTAL apresentados na Figura 15 e Tabela 13.

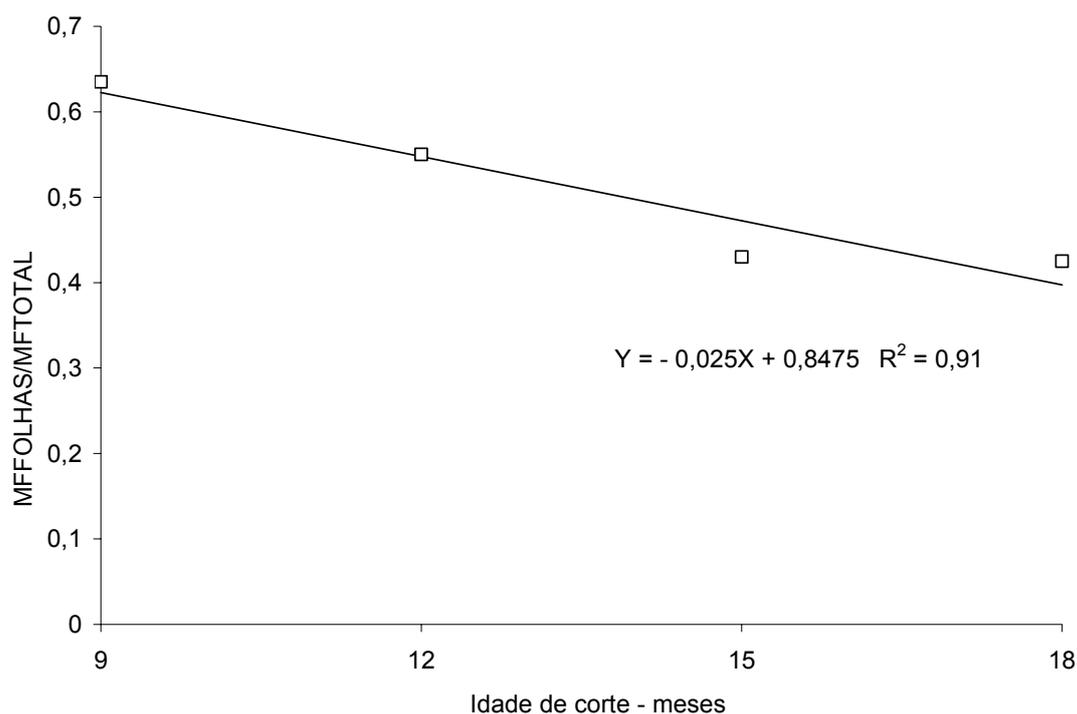


Figura 15 - Relação massa fresca das folhas e ramos finos/massa fresca total (MFFOLHAS/MFTOTAL) em kg ha^{-1} – média entre as duas procedências de *P. aduncum* - em quatro diferentes idades. Morretes/PR, 2009.

Observa-se um efeito linear de diminuição para a relação massa fresca das folhas e ramos finos/massa fresca total (MFFOLHAS/MFTOTAL) em kg ha^{-1} da espécie *P. aduncum* quando colhida em quatro diferentes idades. Esta relação diminui com a elevação da idade de corte, $Y = 0,025X + 0,8475$, com $R^2 = 0,91$, passando de 0,64 aos 9 meses para 0,42 aos 18 meses.

Deduz-se, dessa relação, que plantas mais jovens produzem relativamente mais folhas e ramos finos em detrimento de ramos grossos. Trata-se de um resultado favorável, embora nesse estágio de desenvolvimento provavelmente as plantas não tenham alcançado um desenvolvimento máximo de MFFOLHAS, de onde o OE é extraído após sua secagem. Para o fator procedência, destaca-se estatisticamente a procedência Paraná com uma relação de 0,58 em comparação à procedência Acre com 0,44 (Tabela 13).

Tabela 13 - Relação massa fresca das folhas e ramos finos/massa fresca total (MFFOLHAS/MFTOTAL) em kg ha^{-1} de duas procedências de *P. aduncum* em quatro diferentes idades. Morretes/PR, 2009.

IDADE	PROCEDÊNCIAS	
	<i>P. aduncum</i> /PR	<i>P. aduncum</i> /AC
9 meses	0,70	0,58
12 meses	0,63	0,47
15 meses	0,47	0,39
18 meses	0,53	0,32
Médias	0,58 A	0,44 B

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tal decréscimo é prejudicial quando o objetivo é maximizar a MFFOLHAS, em prejuízo da MFCAULE, que é descartável quando da extração do OE dessa espécie.

Quando se consideram as produtividades de MFFOLHAS e MSFOLHAS, não ocorreram diferenças significativas entre as procedências (Anexo 10). Houve, sim, um efeito linear significativo para a produtividade de MFFOLHAS (Figura 16) e MSFOLHAS (Figura 17) em decorrência da elevação da idade de corte.

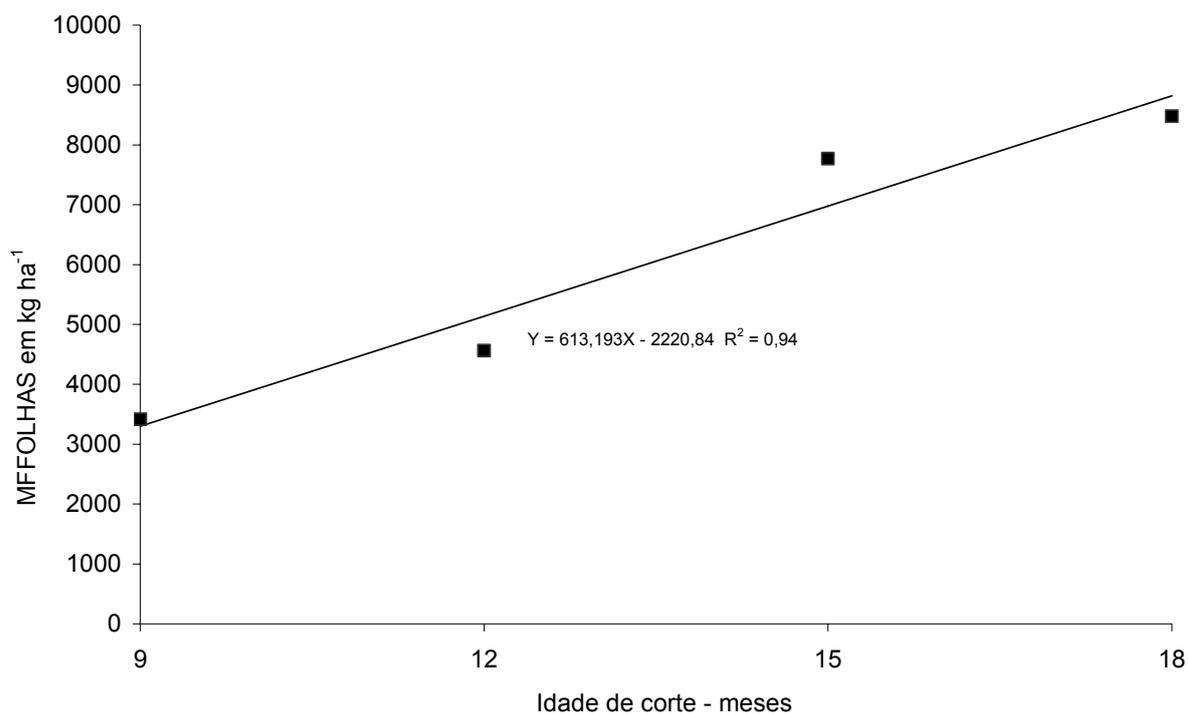


Figura 16 – Produtividade de massa fresca das folhas e ramos finos (MFFOLHAS) em kg ha^{-1} – média entre as duas procedências de *P. aduncum* - em quatro diferentes idades. Morretes/PR, 2009.

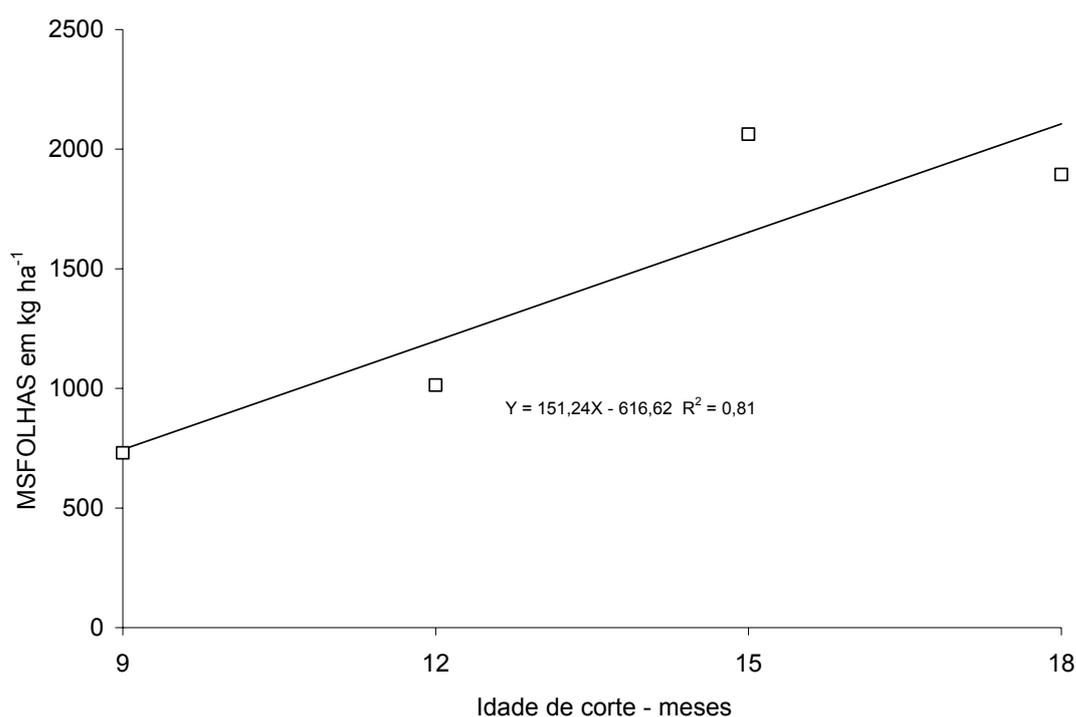


Figura 17 – Produtividade de massa seca das folhas e ramos finos (MSFOLHAS) em kg ha⁻¹ – média entre as duas procedências de *P. aduncum* - em quatro diferentes idades. Morretes/PR, 2009.

Assim, idades mais avançadas promoveram uma tendência de aumento de MFFOLHAS e MSFOLHAS, de acordo com as respectivas equações: $Y = 613,193X - 2220,84$, com $R^2 = 0,94$ e $Y = 151,24X - 616,62$, com $R^2 = 0,81$.

A produtividade média de MFFOLHAS variou de 3.417 no corte realizado aos 9 meses até 8.479 no corte realizado aos 18 meses, rendendo respectivamente 731 e 1894 kg ha⁻¹ de MSFOLHAS, respectivamente.

5.3.2 Teor e produtividade de óleo essencial

A variável resposta Teor de OE não foi representada numa equação de regressão devido aos baixos coeficientes de determinação. Os resultados do teor de OE em relação à massa seca (%) estão apresentados na Tabela 14. Houve interação entre idade de corte e procedência.

Tabela 14 - Teor de OE em relação à massa seca (%) de duas procedências de *P. aduncum* em quatro diferentes idades. Morretes/PR, 2009.

IDADE	PROCEDÊNCIAS	
	<i>P. aduncum</i> /PR	<i>P. aduncum</i> /AC
9 meses	0,58 A b	3,05 B a
12 meses	0,48 A b	1,76 C a
15 meses	0,75 A b	3,22 AB a
18 meses	0,55 A b	3,63 A a

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na vertical e minúscula na horizontal não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

Comparando as idades de corte dentro de cada procedência, observa-se que não houve diferenças estatísticas entre as quatro idades testadas para a procedência Paraná, que apresentou um teor médio de OE de 0,59%. Já o corte da procedência Acre aos 18 meses superou estatisticamente as demais com teor de 3,63%, não diferindo do corte aos 15 meses.

Percebem-se menores teores de OEs nas colheitas da procedência Acre aos 9 e 12 meses. Trata-se de uma possível influência de 2 fatores. O primeiro, devido às condições climáticas das respectivas estações do ano, inverno e primavera, caracterizadas por um período mais seco e de menores temperaturas (Anexos 2 e 3). O segundo, devido às diferentes idades de corte. Considerando este fator, Bergo, Mendonça e Silva (2005), estudando a espécie *P. hispidinervum* no Estado de Rondônia, verificaram que os cortes efetuados aos 12 meses, coincidentes com o final do período chuvoso, março e abril, apresentaram as maiores produtividades de OE e que o teor médio em relação à massa seca foi maior (3,34%). Quando compararam estes resultados com as produtividades somadas de 2 cortes num intervalo de 12 meses, ou seja, um realizado aos 4 meses e outro aos 8 meses, observaram produtividades de matéria seca semelhantes e até maiores que aquelas obtidas num corte único aos 12 meses, mas os teores de OE nesta matéria seca foram menores (2,78%), resultando em menores produtividades. Assim, concluíram que provavelmente a planta de pimenta longa necessita de um tempo mínimo para que suas células oleíferas sintetizem e armazenem o máximo de OE. Esta mesma propensão deve ter ocorrido com a *P. aduncum* neste estudo, uma vez que quando comparamos os teores de OE de plantas mais jovens (Tabela 14), colhidas no inverno e na primavera ou do rebrote das duas procedências colhidas aos 6 meses (Quadro 5), foram observados teores menores seguindo a tendência relatada pelos autores.

Maia *et al.* (1998), analisando os OEs de oito amostras de *P. aduncum* coletadas em diferentes localidades da região amazônica, constaram os seguintes teores de OE em relação à massa seca: amostra A, coletada na Serra do Navio (AP), mostrou um teor de 3,0; amostra B, coletada em Melgaço (PA), 1,8; amostra C, coletada em Benfica (PA), 1,6; amostras D e E, coletadas em Belém (PA), 1,2 e 1,5, respectivamente; amostra F, coletada em Manaus (AM), 3,4; amostra G, coletada na rodovia Manaus-Caracará, Km 30 (AM), 3,0; e amostra H, coletada em Cruzeiro do Sul (AC), 3,2. Ainda, segundo os autores, o teor de OE de amostras de *P. aduncum* na Malásia e Fiji foi de 1,3 e 0,5 respectivamente. Portanto, os resultados observados na Tabela 14, para a procedência Acre, são semelhantes àqueles que Maia *et al.* (1998) observaram nas amostras de *P. aduncum* dos estados do Amapá e do Amazonas. O teor das amostras das ilhas Fiji foi similar aos resultados obtidos para a procedência Paraná.

Na comparação de cada uma das procedências com as quatro diferentes idades de corte, a procedência Acre foi estatisticamente superior.

A maior produtividade de OE por hectare da procedência Acre (Figura 18) é explicada, principalmente, devido à variável teor de OE em relação à massa seca (Tabela 14) ser significativamente maior para esta procedência, seguida do fator idade, que quanto maior, maiores foram as produtividades de MSFOLHAS. Na Figura 18 são observados um efeito linear para a produtividade de OE ($L\ ha^{-1}$) da procedência Acre e uma resposta quadrática para a procedência Paraná.

A produtividade de OE da procedência Acre aumentou linearmente com a elevação da idade de corte, $Y = -46 + 7,2X$ com $R^2 = 0,87$, passando de $27\ L\ ha^{-1}$ aos 9 meses para $85\ L\ ha^{-1}$ aos 18 meses. Para a procedência Paraná, a produtividade de OE apresentou resposta quadrática de aumento conforme a maior idade das plantas ($Y = -44 + 7,45X - 0,233X^2$, com $R^2 = 0,50$), alcançando um ponto máximo estimado aos 16 meses.

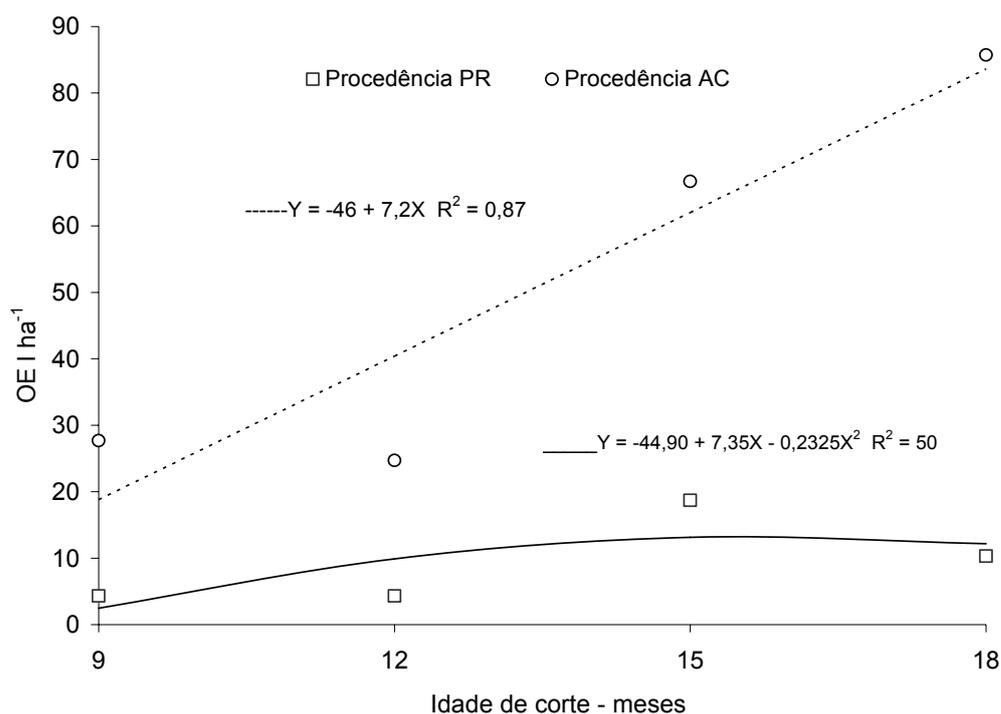


Figura 18 – Produtividade de OE (L ha⁻¹) de duas procedências de *P. aduncum* em quatro diferentes idades. Morretes/PR, 2009.

5.3.3 Composição do óleo essencial

Os resultados das análises cromatográficas dos OEs das procedências Acre e Paraná estão descritos nas Tabelas 15 e 16.

Foram analisadas 15 amostras de cada procedência e 15 compostos foram identificados em cada uma delas. Observou-se que as amostras provenientes da procedência Acre apresentaram uma maior quantidade de compostos totais identificados, com média geral de 95,6% em relação à procedência do Paraná, com identificação de 71% dos seus compostos.

Os compostos químicos identificados no OE de *P. aduncum*, procedência Acre, são apresentados na Tabela 15.

Tabela 15 - Compostos químicos identificados no OE de *P. aduncum*, procedência Acre, segundo as idades de corte. Morretes/PR, 2010.

Compostos (%)	Idades de corte + Rebrotas aos 6 meses*				
	9 meses (Inverno)	12 meses (Primavera)	15 meses (Verão)	18 meses (Outono)	Rebrota (Verão)
Dilapiol	74,8	82,0	84,9	78,2	78,7
Miristicina	7,6	0,8	0,9	3,0	5,25
Safrol	5,6	5,1	0,1	0,3	3,42
Trans cariofileno	2,4	2,7	2,9	3,0	2,71
Biclogermacreno	2,2	1,2	1,0	4,3	2,12
Mirceno	0,8	1,2	1,3	1,5	1,00
Trans beta ocimeno	0,7	0,4	0,9	1,2	0,58
Alfa humuleno	0,6	0,4	0,6	0,6	0,51
Espatuleno	0,5	0,5	0,7	0,5	0,32
Cubebol	0,0	0,5	0,7	0,5	0,37
Beta selineno	0,5	0,0	0,4	0,6	0,50
Beta felandreno	0,3	0,2	0,4	0,6	0,29
Delta cadineno	0,5	0,0	0,0	0,5	0,00
Alfa copaeno	0,2	0,2	0,1	0,2	0,17
Linalol	0,1	0,1	0,1	0,1	0,08
Total	96,8	95,3	95,1	95,2	96,0

* O corte da rebrota foi efetuado em fevereiro de 2009, seis meses após o corte inicial de agosto de 2008.

Observa-se na Tabela 15 que o composto químico que se destaca no óleo volátil desta procedência é o dilapiol, com média de 80,0%, seguido do miristicina (3,5%) e safrol (2,9%). Foram obtidos maiores percentuais de miristicina e safrol no OE de plantas mais jovens, ou seja, nas colheitas aos 9 meses e na rebrota aos 6 meses. Os compostos químicos identificados no OE de *P. aduncum*, procedência Paraná, são apresentados na Tabela 16.

Tabela 16 - Compostos químicos identificados no OE de *P. aduncum*, procedência Paraná, segundo as idades de corte. Morretes/PR, 2010.

Compostos (%)	Idades de corte + Rebrotas aos 6 meses*				
	9 meses (Inverno)	12 meses (Primavera)	15 meses (Verão)	18 meses (Outono)	Rebrota (Verão)
Biclogermacreno	16,9	8,8	15,1	18,0	9,7
Espatuleno	3,5	18,6	15,5	5,6	22,0
Alfa humuleno	9,4	9,0	6,7	5,5	8,3
Trans beta ocimeno	8,7	3,5	7,3	11,7	0,0
Delta cadineno	5,6	5,8	3,8	5,0	5,8
Safrol	4,1	4,7	3,8	3,3	6,3
Aromadendreno	5,4	3,4	3,9	5,6	2,6
Trans cariofileno	4,6	4,3	3,6	3,0	4,4
Beta selineno	4,6	2,9	3,2	4,5	2,1
Beta felandreno	3,6	1,6	3,1	5,0	1,5
Epóxido de humuleno II	1,7	3,3	1,6	1,9	2,5
Linalol	2,3	2,8	1,4	1,2	1,4
Alfa copaeno	1,1	1,0	0,7	0,7	0,8
Cubebol	0,9	0,8	0,9	0,0	1,0
Mirceno	0,6	0,4	0,5	0,4	0,4
TOTAL	73,0	70,7	71,2	71,5	68,8

* O corte da rebrota foi efetuado em fevereiro de 2009, seis meses após o corte inicial de agosto de 2008.

Observa-se na Tabela 16 que nenhum composto químico desta procedência ultrapassou o percentual de 22%, o máximo alcançado pelo composto espatulenol identificado no OE extraído da massa seca das folhas e ramos finos da rebrota. Os constituintes que mais se destacaram para esta procedência foram o biciclogermacreno, espatulenol e alfa humuleno em percentuais diferenciados, segundo as idades de corte.

Dos 15 compostos identificados nos OEs da procedência Acre (Tabela 15), somente dois deles, os majoritários dilapiol e miristicina, não foram coincidentes com aqueles da procedência Paraná. Também dos 15 compostos identificados nos OEs da procedência Paraná (Tabela 16), somente dois deles, o aromadendreno e epóxido de humuleno II, não foram coincidentes com aqueles da procedência Acre.

Embora com coincidências em mais de 86% dos compostos nos OEs das duas procedências (Tabelas 15 e 16), na comparação dos teores percentuais dos compostos coincidentes observa-se uma quantificação marcadamente diferenciada entre as duas, a exemplo do composto biciclogermacreno, majoritário na procedência Paraná, com teor médio de 14% contra 2% na procedência Acre. Isto sugere a existência de dois quimiotipos distintos, fortalecido pelo alto percentual médio majoritário de dilapiol (80%) no OE da procedência Acre, mas ausente na procedência Paraná. O composto safrol foi identificado nos óleos voláteis das duas procedências. Na procedência Acre, este composto variou de 0,1 a 5,6%, e na procedência Paraná, de 3,3 a 6,3%.

Gottlieb *et al.* (1981), investigando OEs em plantas amazônicas, distinguiram duas variedades de pimenta-de-macaco: a variedade *cordulatum*, encontrada no Estado do Amazonas, e a variedade *aduncum*, encontrada no Estado do Pará. Para esta diferenciação, o autor baseou-se no teor de OE e no percentual de dilapiol das variedades *cordulatum* e *aduncum*: 3,5% e 88,4%, 1,4% e 74,5%, respectivamente.

Gupta *et al.* (1983), fazendo uma análise comparativa dos compostos do OE de uma população de *P. aduncum* do Panamá com as das ilhas Fiji, observaram diferenças nas porcentagens e nos tipos de compostos químicos. O OE da população do Panamá continha dilapiol como composto principal, representado aproximadamente 90% em comparação aos 58% no óleo essencial da população de Fiji. Além disso, o composto piperitone foi encontrado no óleo essencial das plantas de Fiji e não foi identificado na amostra do Panamá. Os autores concluíram então que a variação podia ser devida a fatores climáticos e/ou fatores genéticos e

afirmaram haver um maior número de quimiotipos para esta espécie. Segundo Simões e Spitzer (2007), esta ocorrência de quimiotipos é frequente em plantas ricas em óleos voláteis: seriam aqueles vegetais botanicamente idênticos, mas com diferenças químicas em seus OEs. Os autores citam como exemplo a espécie *Chrysanthemum vulgare* (L.) Berhn. (= *Tanacetum vulgare* L.) (Catinga-de-mulata), em que, apenas na Hungria, foram caracterizados 26 quimiotipos com diferenças significativas na composição dos OEs.

A hipótese da influência de fatores genéticos interferindo na existência de possíveis quimiotipos da espécie *P. aduncum* foi evidenciada por Redig *et al.* (2002a, 2002b). Os autores investigaram caracteres relacionados com a germinação de sementes de pimenta-de-macaco de diferentes procedências e detectaram variabilidade entre elas. Já, quando investigaram clones de uma mesma procedência, não detectaram variabilidade genética nos caracteres morfológicos e fitoquímicos tomados para análise, indicando a presença de variabilidade genética entre populações, segundo sua distribuição geográfica. Vieira e Simon (2000), em estudos com populações silvestres de plantas aromáticas e medicinais, também relacionam a composição química dessas espécies com suas respectivas áreas de ocorrência, demonstrando a existência de variação genética entre plantas de diferentes populações.

Variação genética também foi constatada por Gaia *et al.* (2004), examinando a similaridade genética de populações naturais de pimenta-de-macaco por análise RAPD em 18 acessos de pimenta-de-macaco coletados em quatro municípios da Amazônia Brasileira. Eles observaram que acessos de uma mesma localidade se separaram num mesmo grupo no dendrograma, evidenciando diversidade genética entre as populações de localidades diferentes. Diante desta constatação, os autores recomendam o aproveitamento desta variabilidade da *P. aduncum* nos futuros programas de melhoramento da espécie.

Simon *et al.* (1999) citam como exemplo de sucesso das pesquisas no aproveitamento da variabilidade genética de plantas aromáticas o manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) quanto a seus compostos secundários, que, após seleção por vários anos e com diferentes propósitos, chegou-se à descrição de 40 tipos, a maioria comercializada nos Estados Unidos e Europa, com fins culinários, ornamentais e aromáticos. Também diferentes seleções de aromas em alfavacas, buscando populações de interesse para a indústria de cosméticos e higiene, levaram

à formação de quimiotipos ricos em certos compostos, denominados em função de seus altos percentuais de linalol, metilchavicol, eugenol, citral, entre outros (POTZERNHEIM; BIZZO; VIEIRA, 2006).

Em estudos mais recentes com espécies de *Piper* da Amazônia, Andrade, Guimarães e Maia (2009) avaliaram a variabilidade química dos OEs de 230 plantas de diferentes populações, correspondentes a 53 espécies de *Piper*, coletadas em diferentes estados da Amazônia (Acre, Amapá, Amazonas, Maranhão, Mato Grosso, Pará, Roraima e Tocantins). Neste estudo, a espécie *P. aduncum* foi representada por vinte e uma plantas coletadas em Belém, Benfica, Medicilândia, Melgaço, Parauapebas, Goianésia do Pará, Santarém (Pará), Manaus (Amazonas), Xambioá, Luzinópolis (Tocantins), Carolina (Maranhão), Serra do Navio (Amapá) e Chapada dos Guimarães (Mato Grosso). Nestas vinte e uma amostras estudadas, o teor de óleo essencial das folhas e ramos finos variou de 1,1 a 4,0%. Os constituintes químicos principais, variando de 5,0 a 96,2%, foram: β -ocimeno, γ -terpineno, limoneno, miristicina, 4-terpineol, piperitona, safrol, asaricina e dilapiol. Aplicando a técnica AHA - Análise Hierárquica de Agrupamento, baseada nos constituintes químicos dos OEs, os autores agruparam as 21 plantas de *P. aduncum* em quatro grupos químicos - A, B, C e D. O quimiotipo A, dilapiol, com 14 amostras, foi caracterizado pelo alto percentual de dilapiol (57,6 a 96,2%), seguido de piperitona (0,5 a 7,5%). O quimiotipo B, dilapiol + piperitona, com duas amostras, apresentou como compostos principais o dilapiol (31,0%; 49,4%), piperitona (13,5%; 14,6%), seguidos de 4-terpineol (7,2%; 10,8%), γ -terpineno (6,3%; 7,0%) e limoneno (3,8%; 5,1%). O quimiotipo C, piperitona + asaricina, com três amostras, apresentou como compostos principais o piperitona (13,0 a 14,2%) e asaricina (10,2 a 12,5%), seguidos de miristicina (7,2 a 9,9%), 4-terpineol (8,0 a 9,0%) e γ -terpineno (5,2 a 7,0%). O quimiotipo D, asaricina + safrol, com duas amostras, os principais compostos foram os arilpropanoides asaricina (56,4%; 79,9%) e safrol (27,8%; 16,5%). Conforme a descrição por quimiotipos, a procedência Paraná, com o composto Bicyclogermacreno em destaque, não se enquadra em nenhum deles. Já a procedência Acre se enquadra no quimiotipo A em função do percentual médio e majoritário de 80% de dilapiol, embora apresente também na composição do seu óleo essencial o miristicina, que na descrição de Andrade, Guimarães e Maia (2009), forma o quimiotipo C. Segundo Sangwan *et al.* (2001) a rota biogenética desses dois

compostos, dilapiol e miristicina, mantêm estreita relação, conforme apresentado na Figura 19.

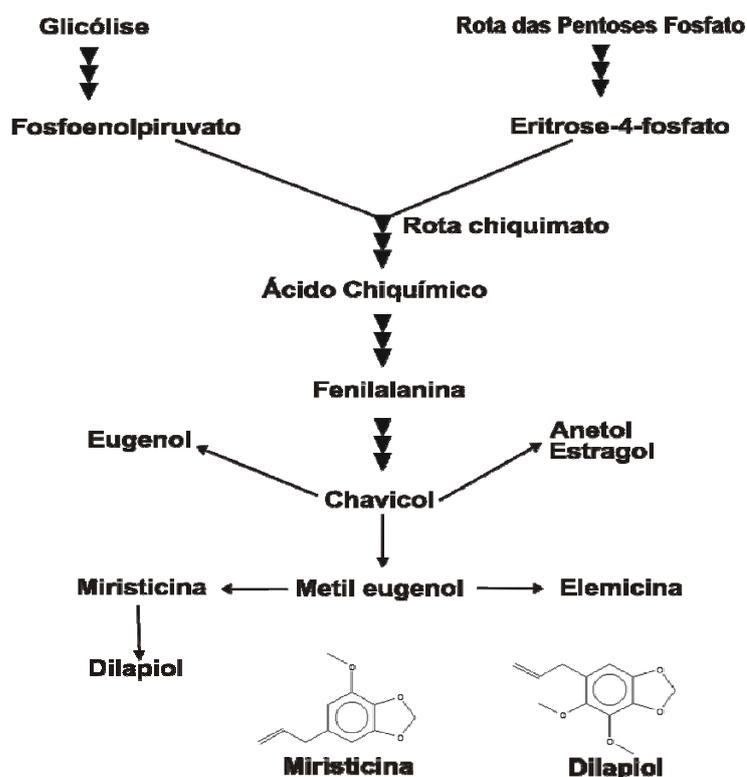


Figura 19 - Rota biogenética de fenilpropanóides de OE de planta e relação do substrato/produto com alguns grupos químicos. Adaptado de Sangwan *et al.* (2001).

Já a procedência Paraná apresenta características próprias, não coincidentes com nenhum dos grupos químicos relatados por Andrade, Guimarães e Maia (2009). Os resultados sugerem a influência de fatores genéticos ou ainda a interferência do meio ambiente no metabolismo das populações em estudo, tendo em vista a região de origem da procedência Paraná (Mata Atlântica), cujas características edafoclimáticas são bem distintas da região Amazônica onde os grupos químicos A, B, C e D foram identificados.

No OE da procedência Paraná, prevaleceram os constituintes biclogermacreno, espatulenol e alfa humuleno, além do safrol (Tabela 16). Ao contrário do fenilpropanóide dilapiol, presente no OE da *P. aduncum* procedência Acre, oriundo da rota chiquimato, o biclogermacreno e o espatulenol são sesquiterpenos e não seguem esta mesma rota biossintética, mas sim a do mevalonato (JAKIEMIU, 2008). Observa-se na Figura 20 uma relação inversa na produção desses compostos dois compostos, segundo as idades de corte, cujo

padrão pode indicar que um é precursor do outro. Porém, tal afirmação não foi encontrada em referências na literatura. Assim, maiores estudos são necessários para comprovar tal hipótese.

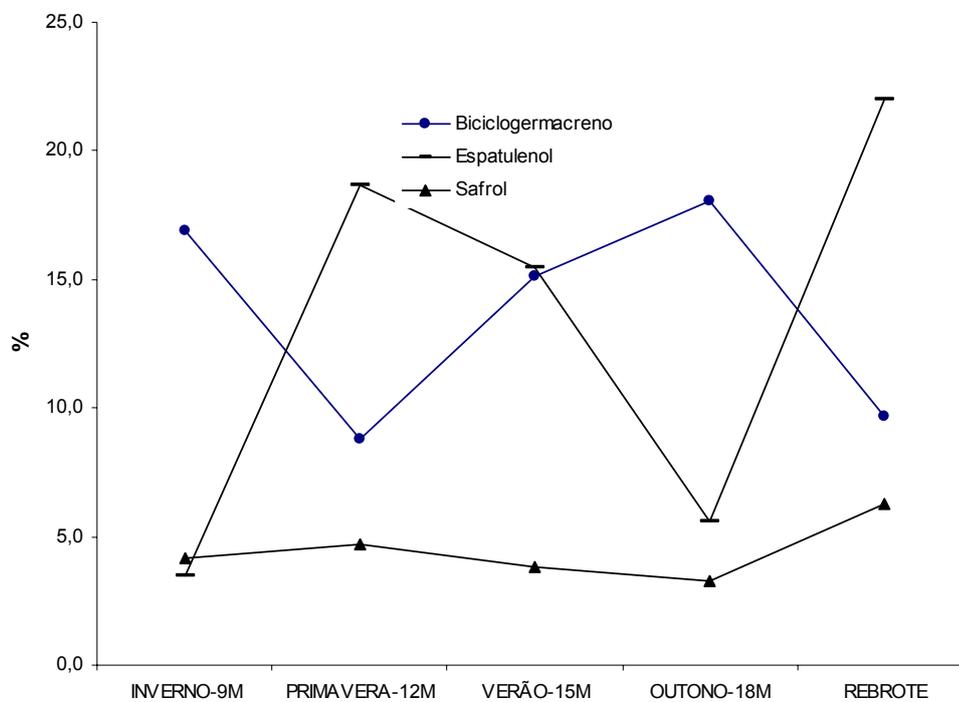


Figura 20 - Teor de biciclogermacreno, espatulenol e safrol da procedência Paraná, segundo as diferentes idades de corte e das correspondentes estações do ano. Morretes/PR, 2010.

Percebe-se que a produção desses compostos é mais influenciada pela respectiva estação do ano do que pela idade da planta. No inverno (corte aos 9 meses) e no outono (corte aos 18 meses), a produção de biciclogermacreno foi maior em relação ao espatulenol, ocorrendo o inverso na primavera. Uma hipótese para esta ocorrência é a diminuição da temperatura, radiação e umidade, que são menores nas estações outono e inverno, embora outros fatores também possam ter interferido nestas mudanças, a exemplo de variações sazonais, geográficas e fisiológicas das plantas, entre outros (SANGWAN *et al.*, 2001; FIGUEIREDO *et al.*, 2008).

Segundo Dudai *et al.* (1992), temperatura e luminosidade afetam os níveis e a composição dos OEs e que seu teor e produtividade variam consideravelmente com as estações do ano. Entretanto, Sangwan *et al.* (2001) fazem um ressalva assegurando que há poucos experimentos para apoiar, de forma particularizada, estas afirmações sobre fatores de variabilidade na regulação da produção de OEs pelas plantas.

5.3.4 Aspectos do desenvolvimento das plantas

O Anexo 11 apresenta os resultados da análise de variância das variáveis relativas ao desenvolvimento das plantas.

Verifica-se que, para as variáveis altura e diâmetro da copa, os fatores são independentes. Para a variável índice de área foliar (IAF), a interação foi estatisticamente significativa a 5% de probabilidade, indicando que os efeitos dos fatores não são independentes.

A espécie apresentou uma resposta linear em relação à altura, em função da idade de corte (Figura 21).

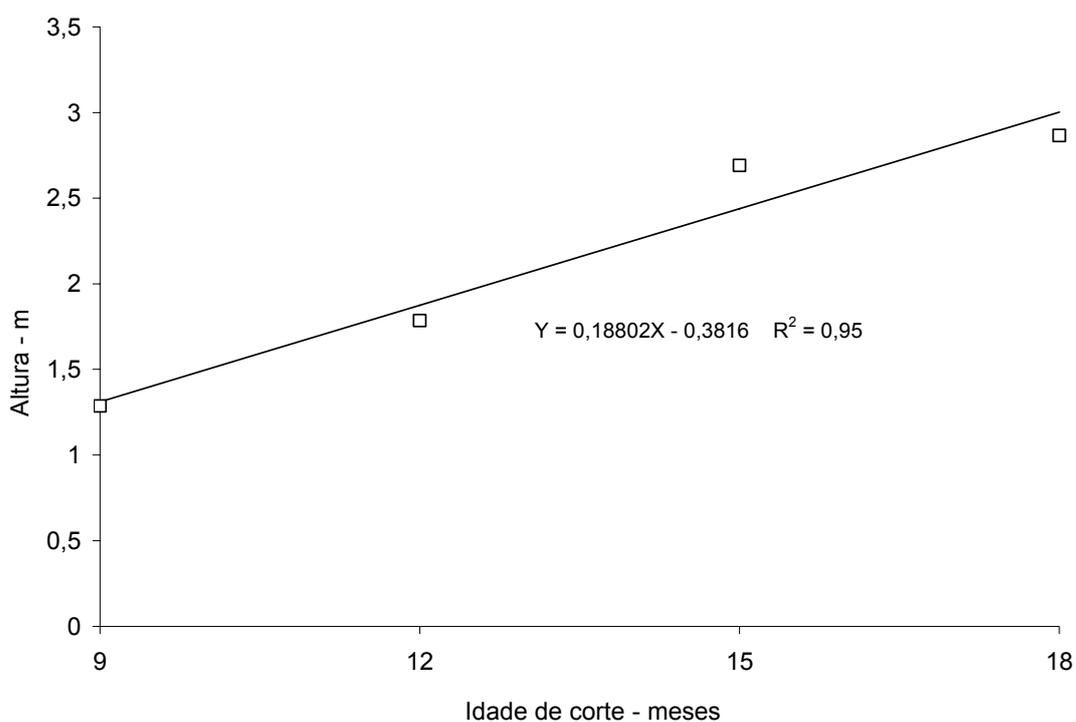


Figura 21 – Altura (m) – média entre as duas procedências de *P. aduncum* - em quatro diferentes idades. Morretes/PR, 2009.

A altura aumentou linearmente com a elevação da idade, $Y = 0,18802X - 0,3816$, com $R^2 = 0,95$, passando de 1,29 m aos 9 meses para 2,87 m aos 18 meses

Para o fator procedência, destaca-se estatisticamente a do Acre com uma altura média de 2,62 m em comparação com a procedência Paraná com altura de 1,69 m (Tabela 17).

Tabela 17 - Altura (m) das plantas de duas procedências de *P. aduncum* em quatro diferentes idades. Morretes/PR, 2009.

IDADE	PROCEDÊNCIAS	
	<i>P. aduncum</i> /PR	<i>P. aduncum</i> /AC
9 meses	1,02	1,55
12 meses	1,27	2,30
15 meses	2,33	3,05
18 meses	2,14	3,59
Médias	1,69 B	2,62 A

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Isto explica, em parte, a maior produtividade de MFCAULE desta procedência. Constatou-se em observações de campo que plantas da procedência Paraná apresentaram ramos secundários avermelhados quando comparados às plantas da procedência Acre. Diferenças botânicas entre procedências dessa espécie também foram observadas por Gaia *et al.* (2004) quando compararam acessos de *P. aduncum* do município de Manaus com acessos de municípios paraenses, constatando diferenças quanto à cor dos ramos ortotrópicos, concluindo tratar-se de variedades diferentes.

Também houve um efeito linear de acréscimo para o Diâmetro da copa das plantas com a elevação da idade de corte (Figura 22). Não houve efeito das procedências avaliadas.

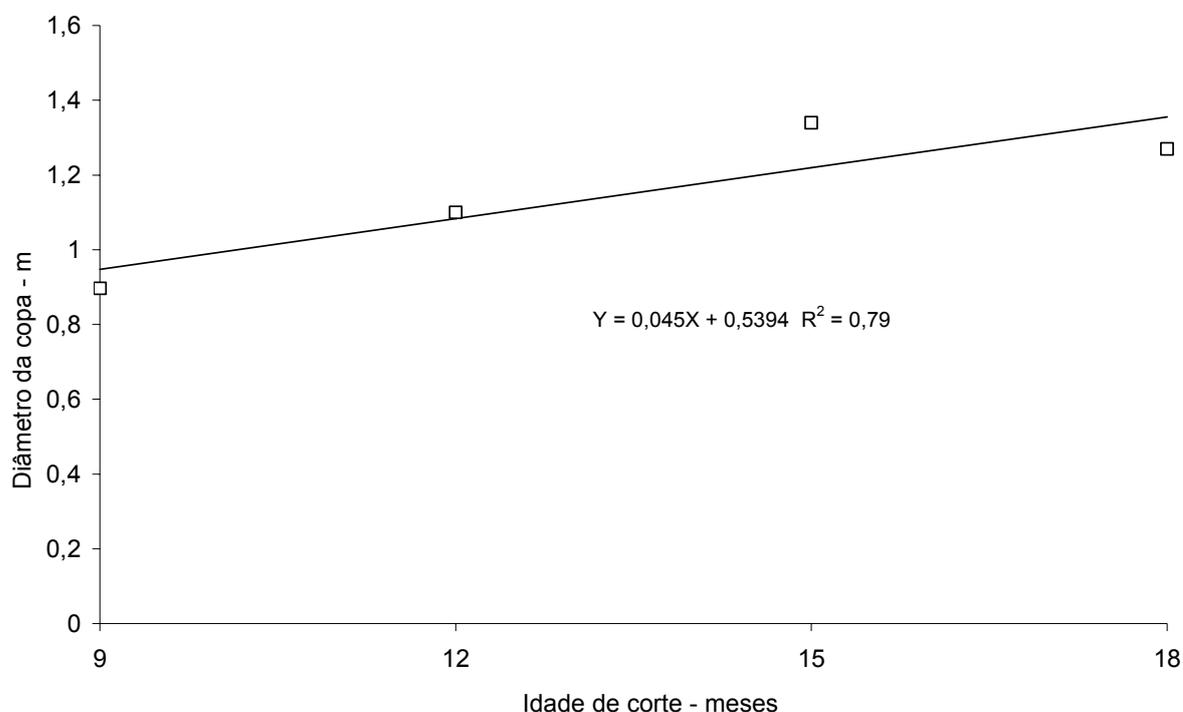


Figura 22 – Diâmetro da copa (m) – média entre as duas procedências de *P. aduncum* - em quatro diferentes idades. Morretes/PR, 2009.

Assim, maiores idades promoveram aumentos lineares no Diâmetro da copa (m), de acordo com a equação $Y = 0,045X + 0,5394$, com $R^2 = 0,79$, passando de 0,90 m aos 9 meses para 1,27 m aos 18 meses.

Os resultados de Índice de área foliar (IAF) de duas procedências de *P. aduncum* quando colhidas em quatro diferentes idades são apresentados na Figura 23. Observa-se um efeito linear para o IAF da procedência Acre e uma resposta quadrática para a procedência Paraná.

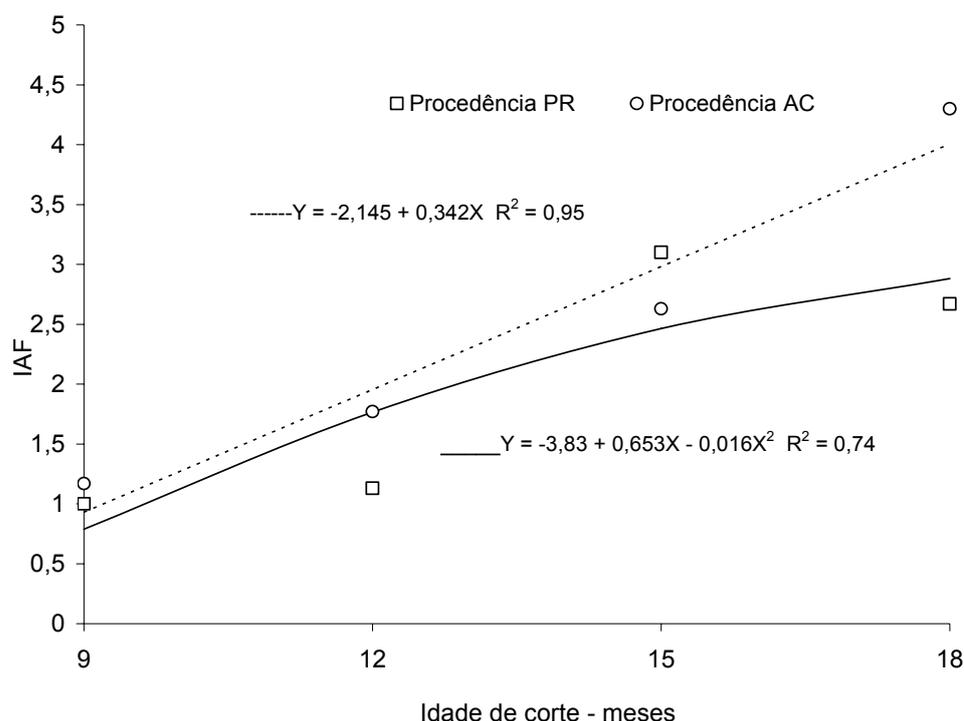


Figura 23 – Índice de área foliar (IAF) de duas procedências de *P. aduncum* em quatro diferentes idades. Morretes/PR, 2009.

O IAF da procedência Acre aumentou linearmente com a elevação da idade de corte, $Y = -2,145 + 0,342X$, com $R^2 = 0,95$, passando de 1,2 aos 9 meses para 4,3 aos 18 meses. Para a procedência Paraná, o IAF apresentou resposta quadrática de aumento com o aumento da idade ($Y = -3,83 + 0,653X - 0,016X^2$, $R^2 = 0,74$), alcançando um máximo estimado de 2,81 aos 21,7 meses, demonstrando que para esta procedência o valor máximo do IAF não foi encontrado dentro do período avaliado.

O desenvolvimento das plantas, segundo as diferentes idades de corte, pode ser observado na Figura 24.



Figura 24 – *P. aduncum*: plantas aos 9, 12, 15 e 18 meses após o plantio. Morretes/PR, 2009.

5.3.5 Capacidade de regeneração das procedências

A capacidade de regeneração das plantas procedentes do Paraná e do Acre foi observada num segundo corte (fevereiro de 2009) realizado após 6 meses do corte inicial (Agosto de 2008). A regeneração é ilustrada na Figura 25 e os resultados relativos à produção e desenvolvimento das plantas, no Quadro 5.

Quadro 5 - Capacidade de regeneração das duas procedências: resultados médios relativos à produção e desenvolvimento da rebrota aos 6 meses. Morretes/PR, 2009.

VARIÁVEIS	PROCEDÊNCIAS	
	PARANÁ	ACRE
MFTOTAL - kg ha ⁻¹	5.083 ± 1.952	7.375 ± 3.046
MFCAULE - kg ha ⁻¹	2.000 ± 879	4.000 ± 1.679
MFFOLHAS - kg ha ⁻¹	3.083 ± 1.125	3.375 ± 1.384
MSFOLHAS - kg ha ⁻¹	772 ± 303	889 ± 359
TEOR OE - %	0,32 ± 0,03	2,67 ± 0,13
PRODUTIVIDADE OE - L ha ⁻¹	3 ± 1	27 ± 11
DILAPIOL - %	-	78,7 ± 14,6
SAFROL - %	6,3 ± 0,4	-
Brotos - n°	3,1 ± 1,0	3,3 ± 1,4
Altura - m	1,3 ± 0,2	1,6 ± 0,4
Diâmetro da copa - m	1,0 ± 0,2	1,1 ± 0,2
IAF	1,5 ± 0,3	1,7 ± 0,4



Figura 25 – *P. aduncum*: ilustração da brotação após um mês do corte inicial. Morretes/PR, 2008.

Observa-se, nas condições de clima e solo do litoral paranaense, que as duas procedências de *P. aduncum* regeneram-se após a colheita, ambas com 3,0 ou mais brotos por planta.

Considerando que as plantas rebrotadas foram colhidas aos 6 meses após o primeiro corte, provavelmente ainda teriam reservas que resultariam em maiores produtividades em colheitas mais tardias.

5.4 CONCLUSÕES

Conclui-se pela possibilidade de cultivo da espécie *P. aduncum* no município de Morretes/PR. Para a produção de dilapiol, recomenda-se a procedência Acre.

A procedência Acre apresenta um teor maior de OE em relação à massa seca quando comparada à do Paraná. O teor da primeira variou de 1,7 a 3,6% e o da segunda, de 0,48 a 0,75%.

A idade de corte influencia a produção de biomassa das procedências. A produtividade de OE da procedência Acre aumenta linearmente com a elevação da idade, alcançando, aos 18 meses, um valor estimado de 83 litros de OE por hectare e percentual médio de dilapiol de 80%.

Dos 15 compostos identificados nos OEs em cada procedência, 86% deles foram coincidentes em ambas as procedências. Os compostos majoritários da procedência Acre são o dilapiol e a miristicina, e da procedência Paraná, o biciclogermacreno e o espatulenol.

A presença majoritária do dilapiol no OE da procedência Acre e a ausência na procedência Paraná caracterizam quimiotipos distintos.

Foi identificado o composto safrol no OE em ambas as procedências, mas sem ultrapassar 7%.

A espécie apresenta boa capacidade de rebrota após o primeiro corte, com três ou mais brotos por planta, possibilitando novos cortes sem necessidade de replantio.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, E.H. de A.; GUIMARÃES, E.F.; MAIA, J.G.S. **Variabilidade química em óleos essenciais de espécies de *Piper* da Amazônia**. Belém: FEQ/UFPA, 2009.

BENCHIMOL, R.L.; SILVA, C.M. da; VERZIGNASSI, J.R. **Utilização de substâncias naturais para o controle de doenças de plantas na região amazônica**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2008. 27p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 346).

CAVALCANTE, M. de J. B. (Ed.). **Cultivo de pimenta longa (*Piper hispidinervum*) na Amazônia Ocidental**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2002. 29p. (Embrapa Acre. Sistemas de Produção, 1).

COSTA, I.O.V.L. *et al.* Produção de biomassa (folhas e caules) e rendimento de óleo essencial de *Piper aduncum* L., em função de épocas de colheita, nas condições de Manaus – AM. In: ANAIS DA III JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DE EMBRAPA AMAZÔNIA OCIDENTAL, 2008, Manaus. **Anais...** 2008. p.90-100.

DUDAI, N. *et al.* Monoterpene content in *Origanum syriacum* as affect by environmental conditions and flowering. **Plant Physiology**, Washington, v. 84, p.453-459, 1992.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos/[editores técnicos, Humberto Gonçalves dos Santos... et al.] – 2. ed. Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**, 2006.

ESTRELA, J.L.V. *et al.* Toxicidade de óleos essenciais de *Piper aduncum* e *Piper hispidinervum* em *Sitophilus zeamais*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, p.217-222, 2006.

FAZOLIN, M. *et al.* **Potencialidades da Pimenta-de-macaco (*Piper aduncum* L.): características gerais e resultados de pesquisa**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2006. 53p. il. Color. (Embrapa Acre. Documentos, 103).

FIGUEIREDO, A.C. *et al.* Factors affecting secondary metabolite production in plants: volatile components and essential oils. **Flavour and Fragrance Journal**, J. Chichester, v.23, p.213-226, 2008.

GAIA, J.M.D. *et al.* Similaridade genética de populações naturais de pimenta-de-macaco por análise de RAPD. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n.4, 2004.

GOTTLIEB, O.R. *et al.* Óleos essenciais da Amazônia VII. **Acta Amazonica**, Manaus, v.11, p.143-148, 1981.

GUIMARÃES, E.F.; GIORDANO, L.C.da S. Piperáceas no nordeste brasileiro 1: estado do Ceará. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v.55, n.88, p.21-46. 2004.

GUPTA, M.P. *et al.* The composition of the essential oil of *Piper aduncum* L. from Panamá. **Revista Latinoamericana de Química**, México, v.14, p.35-36, 1983.

IAPAR. Instituto Agrônômico do Paraná. **Cartas climáticas do Estado do Paraná 1994**. Londrina: IAPAR, 1994. 49p. (Documento, 18).

JAKIEMIU, E.A. R. **Uma contribuição ao estudo do óleo essencial e do extrato de tomilho** (*Thymus vulgaris* L.). 89 f. Tese (Mestrado em Tecnologia de alimentos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

MAIA, J. G. S. *et al.* Constituents of the essential oil of *Piper aduncum* L. growing wild in the Amazon region. **Flavour and Fragrance Journal**, J. Chichester, v. 13, p. 269-272. 1998.

NISSEN, O. MSTAT-C. **A microcomputer for design, management and analysis of agronomic research experiments**. Version 2.11 East Lansing: Michigan State University, p.300, 1993.

PATEIRA, L.; NOGUEIRA, T.; ANTUNES, A. *et al.* Two chemotypes of *Crithmum maritimum* L. from Portugal. **Flavour and Fragrance Journal**, J. Chichester, v. 12, p.333-343, 1999.

POTZERNHEIM, M.C.L.; BIZZO, H.R.; VIEIRA, R.F. Análise dos óleos essenciais de três espécies de *Piper* coletadas na região do Distrito Federal (Cerrado) e comparação com óleos de plantas procedentes da região de Paraty, RJ (Mata Atlântica). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, São Paulo, v.16, n.2. p.246-251, 2006.

REDIG, M.S.F. *et al.* Estimativas de parâmetros genéticos para a germinação de sementes de *Piper aduncum* L. (pimenta-de-macaco). In: Seminário de iniciação científica da FCAP. 12., 2002, Belém. **Anais...** Belém, 2002a.

REDIG, M.S.F. *et al.* Estimativas de parâmetros genéticos de clones de *Piper aduncum* L. (pimenta-de-macaco). In: Seminário de iniciação científica da FCAP. 12., 2002, Belém. **Anais...** Belém, 2002b.

REIS, M.S. dos; MARIOT, A.; STEENBOCK, W. **Diversidade e domesticação de plantas medicinais**. In: SIMÕES, C.M.O., org. Farmacognosia: da planta ao medicamento. 6 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS; Florianópolis: Editora da UFSC, 2007. p.45-74.

SANGWAN, N.S. *et al.* Regulation of essential oil production in plants. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v. 34, p.3-21, 2001.

SERRAT, B.M.; KRIEGER, K.L.; MOTTA, A.C.V. Considerações sobre interpretação de análise de solos (com exemplos). In: LIMA, M.R. de. (Ed.). **Diagnóstico e recomendações de manejo de solo: aspectos teóricos e metodológicos**. Curitiba: UFPR/Setor de Ciências Agrárias, 2006. p.125-142.

SIMÕES, C.M.O.; SPITZER, V. **Óleos voláteis**. In: SIMÕES, C.M.O., org. Farmacognosia: da planta ao medicamento. 6 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS; Florianópolis: Editora da UFSC, 2007. p.467-495.

SIMON, J.E. *et al.* **Basil: a source of aroma compounds and a popular culinary and ornamental herb**. In: JANICHK, J. (Ed.). Perspectives on new crops and new uses. Alexandria: ASHS Press, p.499-505, 1999.

SMITH, R.M.; KASSIM, H. The essential oil of *Piper aduncum* from Fuji. **New Zealand Journal of Science**, Wellington, v.22, p.127-128, 1979.

VIEIRA, R.F.; SIMON, J.E. Chemical characterization of basil (*Ocimum* spp.) found in the markets and used in traditional medicine in Brazil. **Economic Botany**, New York, v.54, n.2, p.207-216, 2000.

6 CONCLUSÕES GERAIS

As condições experimentais e os resultados obtidos conduzem às seguintes conclusões gerais:

É expressivo o número de espécies do gênero *Piper* identificadas na área do levantamento florístico. O total representa 34% das 23 espécies reportadas de ocorrência no Paraná.

P. hispidinervum não se fez presente entre as 8 espécies identificadas. *P. aduncum* foi encontrada, mas, contrariando a maioria dos estudos realizados com a espécie, não apresentou dilapiol no seu OE.

Dos 15 compostos identificados nos OEs das procedências de *P. aduncum* do Acre e Paraná, 86% deles foram coincidentes. A presença majoritária do dilapiol no OE da procedência Acre e a ausência no óleo da procedência Paraná caracterizam quimiotipos distintos por influência, principalmente, de fatores genéticos e origens geográficas distintas das populações.

Tendo em vista que o principal foco do estudo é a obtenção de safrol e dilapiol, pode-se recomendar o espaçamento 0,50 x 0,50 m entre plantas com corte aos 12 meses para a espécie *P. hispidinervum* e aos 18 meses para *P. aduncum* procedência Acre.

Ambas as procedências de *P. aduncum* possuem em seus OEs o composto safrol, mas sem ultrapassar 7%.

As espécies *P. hispidinervum* e *P. aduncum* apresentam boa capacidade de rebrota após o primeiro corte, com três ou mais brotos por planta, adaptando-se bem a cortes sucessivos de colheita.

O processo de domesticação e cultivo das espécies *P. hispidinervum* e *P. aduncum* para produção de safrol e dilapiol é viável, desde que em condições

fisiográficas específicas, a exemplo do município de Morretes/PR. Assim, estudos futuros, parte desse processo gradativo, permitirão alcançar melhores resultados de produtividade de biomassa, OE e dos compostos alvos.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Até que a produção e a utilização dos produtos derivados das duas espécies se tornem econômicas e seguramente viáveis em escala comercial, futuras pesquisas deverão ser conduzidas e algumas etapas superadas, tais como:

Adaptação de tecnologias visando a diminuir os custos de implantação da cultura, colheita e secagem da biomassa;

Estudos da viabilidade financeira da exploração das duas espécies em sistemas de cultivos racionais para produção de safrol e dilapiol;

Novos estudos sobre espaçamento e idade de corte, tendo como base combinações com maiores densidades de plantas por hectare;

Estudos nas áreas de nutrição e melhoramento genético, principalmente na seleção de cultivares com elevada produção de biomassa e altos percentuais de safrol e dilapiol;

Reconhecimento e identificação de quimiotipos de *P. hispidinervum* e *P. aduncum*, que permitirão um melhoramento genético direcionado à busca por maiores teores e produtividades de OE com compostos majoritários de interesse, a exemplo do safrol e dilapiol;

Estudos da capacidade de regeneração das espécies, sob regime de cultivo a pleno sol;

Adaptação à colheita mecanizada ou semimecanizada.

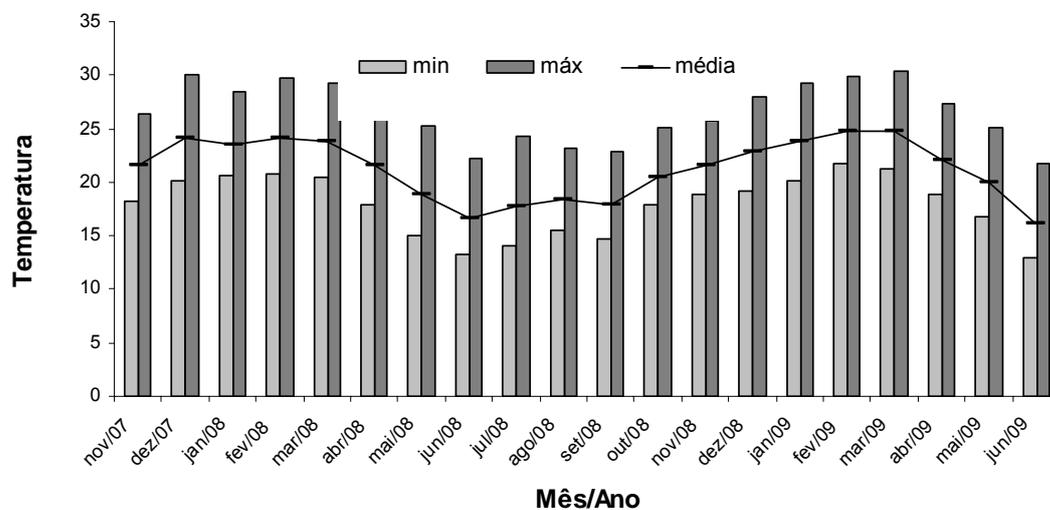
ANEXOS

Anexo 1- Principais características das espécies do gênero *Piper*, Morretes/PR, 2007.

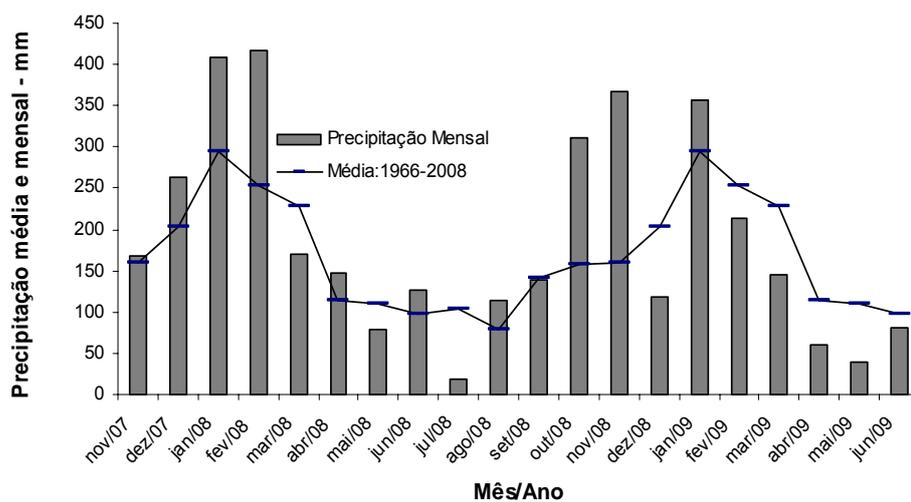
Espécies	Nomes comuns	Distribuição	Aspectos fenológicos	Dados ecológicos e agrônômicos	Usos e aplicações
<i>P. aduncum</i> L.	.Pimenta-de-macaco .Pau-de-junta .Pariparoba	PR; AM; AP; PA; CE; MT; RJ; ES; SP; SC.	.Pequena árvore ou arvoreta de 1 a 6 m com ramos nodosos; e .Folhas elípticas ou lanceoladas.	.Ocorre em áreas de elevadas precipitações (1500 a 4000 mm); .Comportamento de espécie pioneira; .Comum em clareiras de matas de galeria ou borda de mata; e .Polinização anemófila, florescendo e frutificando quase o ano todo.	.Espécie que vem apresentando um crescente interesse, principalmente quanto à extração em escala industrial do seu OE para elaboração de produtos para controle de pragas e doenças de interesse agropecuário; e .Medicina popular: usada como tônico e antidiarreico.
<i>P. cernuum</i> Vell.	.Pau-de-cobra-cipó .Rabo-de-gambá .Pimenta-de-morcego	PR; RJ; SC; MG; AM.	.Arvoreta imponente de 2 a 6 m com ramos ferrugíneo; .Folhas grande largo elíptico-ovaladas; e .Longas infrutescências pendentes.	.Comum em floresta umbrófila densa; .Prefere locais com solo úmido; .Regeneração natural depende de clareiras; e .Florescimento: maio e junho.	.Ornamentação; e .Medicina popular: diurético (raiz); gonorréia (inflorescência-pó); mordida de cobra (inflorescência-extrato alcoólico).
<i>P. dilatatum</i> Rich	.Pariparoba-murta .Pau-de-junta	PR; AM; AP; MT; MA; CE; PE; MG; SP; SC; RS.	.Arvoreta de 1,5 a 4 m com ramos estirados e tomentosos; e .Folhas subobovada, acuminada às vezes falcada no ápice.	.Comum em floresta umbrófila densa como no ecótono Cerrados/Floresta Estacional, em altitudes de 300 a 1060; .Ocorre em beiras de riachos e córregos (mata ciliar); e .Florescimento: setembro, dezembro e janeiro.	.Quatro dos ácidos benzóicos derivados do OE extraído das folhas apresentam propriedades antifúngicas contra <i>Cladosporium cucumerinum</i> , doença comum em cucurbitáceas.

<i>P. gaudichaudianum</i> kunth	.Murta .Pariparoba	PR; RS; RJ.	.Arvoreta de 2,0 a 3 m com entrenós superiores delgados; e Folhas elíptico-lanceolada de coloração verde intenso.	.Planta pioneira ou secundária heliófita; Ocorrência associada a clareiras ou bordas de floresta; e .Floresce e frutifica praticamente durante todo o ano.	.Medicina popular: folhas e raízes são utilizadas no combate a dores de dente e como anti-inflamatório. .O ácido gaudichaudianum, principal metabólito nas folhas e raízes, é considerado anti chagásico.
<i>P. glabratum</i> Kunth	.Pariparoba	PR; GO; PB; DF; SP; MG; RJ; ES.	.Arvoreta de 3 m, glabro exceto na protuberância das nervuras da face abaxial da folha; e . Folhas lanceoladas.	.Polinização realizada pelo vento e pequenos insetos; e .Florescimento: março a julho.	.Na análise de identificação e quantificação dos compostos presentes no OE desta espécie constatou-se como composto majoritário o beta-elemento (45%) que é citado na literatura como uma nova droga anticâncer.
<i>P. lindbergii</i> C. DC.	.Murta .Jaborandi	PR; MG; RJ; SC.	.Arvoreta de 2 m com entrenós superiores robustos e glabros; e . Folhas ovadas-elípticas, com ápice pequeno e acuminado.	.Espécie cuja dispersão é intermediada pela fauna; e .Florescimento: janeiro; fevereiro; abril; outubro; novembro; dezembro.	.Medicina popular: possui propriedade analgésica; e . <i>P. amplum</i> , espécie em que inclui <i>P. lindbergii</i> como sinonímia, é citada como com OE de potencial inseticida e moluscicida.
<i>P. solmsianum</i> C. DC.	.Caapeba .Jaguarandi	MG; RJ; SP; PR; SC; RS.	.Arbusto ou sub-arbusto de 0,5 a 3 m com caule ereto ou decumbente; e .Folhas circular-ovadas, com ápice acuminado.	.Florescimento: junho; setembro; dezembro.	.Sarisan, composto majoritário do OE das folhas apresentou efeito depressivo e ansiolítico respectivamente, no comportamento de ratos em teste laboratorial; e .Lignana benzofurana contida nas suas folhas e cascas possuem efeito biocida capaz de eliminar larvas do mosquito transmissor da dengue.
<i>P. umbellatum</i> L.	.Malvaíscio .Lençol-de-santa bárbara	AM; CE; PE; AL; BA; MT; MG; RJ; SP; PR; SC.	.Arbusto de 1 a 3 m com ramos pubescentes; e . Folhas grandes campilódromas; .Inflorescências tipo umbela.	.Ocorre em lugares semi-sombreados em beira de estradas, declives de morros e ladeiras, inclusive no meio dos cascalhos de riacho, em pleno sol, na Floresta Ombrófila Densa; e .Florescimento: outubro a março.	.Medicina popular: suas folhas e raízes são usadas na forma de chá e xarope e são empregados como digestivo, diurético, vermífugo, antiinflamatório, antitussígeno entre outros.

Anexo 2 – Temperaturas mínimas, máximas e médias mensais absolutas durante o período de execução dos experimentos – nov./2007 a jun./2009. Morretes/PR, 2009.



Anexo 3 – Precipitação *média e mensal durante período dos experimentos (nov./2007 a jun./2009). *média histórica (1966-2008). Morretes/PR, 2009.



Anexo 4 – *P. hispidinervum*: resultados das análises¹ químicas e físicas do solo da área experimental, na camada de 0 a 20 cm. Morretes/PR, 2007.

Características	Unidades	Teores	Interpretação
pH	CaCl ₂	5,4	Acidez média
Al ⁺³		0,0	-
H ⁺ + Al ⁺³		2,3	Médio
Ca ⁺²		2,2	Médio
Mg ⁺²	cmolc.dm ⁻³	0,6	Médio
K ⁺		0,1	Baixo
SB		3,0	Médio
T		5,8	Médio
P	mg.dm ⁻³	30,0	Muito alto
C	g.dm ⁻³	11,0	Médio
V	%	52	Médio
Areia		433	
Silte	g.kg ⁻¹	317	
Argila		250	Textura média

¹Laboratório de Fertilidade do Departamento de Solos da UFPR.

Anexo 5 – Resultados das análises¹ químicas do composto usado em cobertura na adubação orgânica. Morretes/PR, 2007.

Características	Unidades	Teores	Interpretação
pH	CaCl ₂	6,1	Alto
Al ⁺³		0,0	-
H ⁺ + Al ⁺³		3,0	Médio
Ca ⁺²		11,8	Muito alto
Mg ⁺²	cmolc.dm ⁻³	2,0	Muito alto
K ⁺		0,6	Muito alto
SB		14,4	Muito bom
T		17,4	Muito alto
P	mg.dm ⁻³	924,0	Muito alto
C	g.dm ⁻³	26,3	Muito alto
V	%	83,0	Alto

¹Laboratório de Fertilidade do Departamento de Solos da UFPR.

Anexo 6 – *P. hispidinervum*: análise de variância para dados referentes às variáveis de produção. MFTOTAL – massa fresca total (kg ha⁻¹); MFCAULE – massa fresca do caule (kg ha⁻¹); MFFOLHAS – massa fresca das folhas e ramos finos (kg ha⁻¹); Relação MFFOLHAS/MFTOTAL; MSFOLHAS – massa seca das folhas e ramos finos (kg ha⁻¹); Teor de OE em relação à massa seca (%); Produtividade de OE (L ha⁻¹) e Percentual de safrol no OE – SAFROL%.

FV	QUADRADOS MÉDIOS								
	G.L	MFTOTAL	MFCAULE	MFFOLHAS	MFFOLHAS/ MFTOTAL	MSFOLHAS	TEOR%	PROD.	SAFROL%
Blocos	2	0,065**	0,094**	0,033*	0,005 ^{ns}	551.152 ^{ns}	2.906 ^{ns}	0,037 ^{ns}	0,404 ^{ns}
Idade	2	0,548**	0,921**	0,211**	0,087**	2.676.961**	269.148**	0,344**	11.658*
Espaçamento	2	0,281**	0,292**	0,261**	0,003 ^{ns}	5.115.799**	0,704 ^{ns}	0,281**	3.521 ^{ns}
Idade x Espaçamento	4	0,020 ^{ns}	0,024 ^{ns}	0,023*	0,002 ^{ns}	226.062 ^{ns}	46.093 ^{ns}	0,021 ^{ns}	3.988 ^{ns}
Erro	16	0,009	0,015	0,006	0,026	187.552	27.426	0,013	2.185
C. V. (%)		2,29	3,13	2,05	9,21	21,50	14,74	6,19	1,62

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns: não significativo.

Anexo 7 - Percentagem relativa dos constituintes do OE de *Piper hispidinervum* nos diferentes espaçamentos e idades de corte. Curitiba/PR, 2009.

COMPOSTOS (%)	IDADES	ESPAÇAMENTO		
		0,50 x 0,50 m	1,0 x 1,0 m	1,50 x 1,50 m
SAFROL	9 meses	90,0	90,1	90,3
	12 meses	92,7	89,7	93,3
	15 meses	92,5	92,4	91,9
	Rebrota	88,8	90,9	89,4
trans beta ocimeno	9 meses	0,13	0,17	0,12
	12 meses	0,08	0,04	0,02
	15 meses	-	-	-
	Rebrota	-	-	-
Terpinoleno	9 meses	0,64	0,64	0,52
	12 meses	0,23	0,14	0,18
	15 meses	0,07	0,06	0,10
	Rebrota	0,09	0,08	0,15
Para 8 cimenol	9 meses	0,89	1,20	1,23
	12 meses	1,25	1,42	1,08
	15 meses	1,17	1,01	1,31
	Rebrota	1,64	1,58	1,60
trans cariofileno	9 meses	0,77	0,68	0,73
	12 meses	0,33	0,53	0,39
	15 meses	0,43	0,43	0,55
	Rebrota	0,88	0,56	0,68
alfa humuleno	9 meses	0,09	0,11	0,10
	12 meses	0,05	0,08	0,05
	15 meses	0,07	0,08	0,07
	Rebrota	0,12	0,07	0,10
alfa pineno	9 meses	0,05	0,03	0,03
	12 meses	0,01	0,01	0,01
	15 meses	0,01	0,01	0,01
	Rebrota	0,01	0,01	0,01
Mirceno	9 meses	0,09	0,22	0,20
	12 meses	0,11	0,14	0,11
	15 meses	0,15	0,08	0,11
	Rebrota	0,10	0,09	0,10
delta 3 careno	9 meses	0,09	0,10	0,09
	12 meses	0,04	0,05	0,02
	15 meses	0,01	0,01	0,01
	Rebrota	0,01	0,01	0,02
orto cimeno	9 meses	0,08	0,24	0,22
	12 meses	0,08	0,06	0,07
	15 meses	0,12	0,04	0,12
	Rebrota	0,20	0,18	0,17
Limoneno	9 meses	0,06	0,29	0,24
	12 meses	0,16	0,14	0,13
	15 meses	0,06	0,08	0,10
	Rebrota	0,06	0,06	0,06
cis beta ocimeno	9 meses	0,15	0,11	0,10
	12 meses	0,05	0,15	0,09
	15 meses	0,12	0,10	0,10
	Rebrota	0,07	0,05	0,06
Aloaromadendreno	9 meses	0,08	0,09	0,06
	12 meses	0,03	0,01	0,01
	15 meses	0,01	0,02	0,02
	Rebrota	0,02	0,02	0,02
germacreno D	9 meses	0,07	-	-
	12 meses	-	-	-
	15 meses	-	-	-

	Rebrota	-	-	-
Biciclogermacreno	9 meses	1,45	1,71	1,72
	12 meses	0,77	0,86	0,67
	15 meses	0,77	0,82	1,08
	Rebrota	1,48	1,16	1,35
n pentadecano	9 meses	1,52	1,19	1,32
	12 meses	0,81	1,18	0,82
	15 meses	1,20	1,49	1,24
	Rebrota	1,97	1,31	1,82
Espatulenol	9 meses	1,24	1,06	1,07
	12 meses	1,10	1,75	0,87
	15 meses	1,22	1,35	1,17
	Rebrota	1,62	1,34	1,71
óxido de cariofileno	9 meses	0,28	0,23	0,21
	12 meses	0,19	0,26	0,11
	15 meses	0,17	0,32	0,31
	Rebrota	0,40	0,37	0,41

Análise do Laboratório de Análises de Combustíveis Automotivos (LACAUT)/DEQ/UFPR. Curitiba/PR, 2009.

Anexo 8 – *P. hispidinervum*: análise de variância para dados relativos às variáveis de desenvolvimento das plantas.

FV	QUADRADOS MÉDIOS			
	GL	Altura (m)	Diâmetro da Copa (m)	IAF
Blocos	2	0,510**	0,003*	0,059**
Idade	2	5,724**	0,018**	0,221**
Espaçamento	2	0,382**	0,091**	0,343**
Idade x Espaçamento	4	0,076 ^{ns}	0,003*	0,013 ^{ns}
Erro	16	0,712	0,015	0,129
C.V. (%)		7,61	1,42	1,99

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns: não significativo.

Anexo 9 – *P. aduncum*: resultados das análises¹ químicas e físicas do solo da área experimental, na camada de 0 a 20 cm. Morretes/PR, 2007.

Características	Unidades	Teores	Interpretação
pH	CaCl ₂	4,6	Acidez alta
Al ⁺³	cmolc.dm ⁻³	0,4	Baixo
H ⁺ + Al ⁺³		4,1	Médio
Ca ⁺²		1,9	Baixo
Mg ⁺²		0,4	Baixo
K ⁺		0,07	Baixo
SB		2,4	Baixo
T		6,5	Médio
P	mg.dm ⁻³	0,6	Muito Baixo
C	g.dm ⁻³	13,7	Médio
V	%	37,0	Baixo
Areia		505	
Silte		245	
Argila	g.kg ⁻¹	250	Textura média

¹Laboratório de Fertilidade do Departamento de Solos da UFPR.

Anexo 10 – *P. aduncum*: análise de variância para dados referentes às variáveis de produção. MFTOTAL – massa fresca total (kg ha⁻¹); MFCAULE – massa fresca do caule (kg ha⁻¹); MFFOLHAS – massa fresca das folhas e ramos finos (kg ha⁻¹); Relação MFFOLHAS/MFTOTAL; MSFOLHAS – massa seca das folhas e ramos finos (kg ha⁻¹); Teor de OE em relação à massa seca (%); e Produtividade de OE (L ha⁻¹).

FV	QUADRADOS MÉDIOS							
	G.L	MFTOTAL	MFCAULE	MFFOLHAS	MFFOLHAS/MFTOTAL	MSFOLHAS	TEOR (%)	PROD.
Blocos	2	139621744**	53018229*	20578776**	0,005 ^{ns}	1228042**	23716 ^{ns}	367**
Idade	3	387365451**	188196831**	36018012**	0,064**	2553384**	1140481**	1840**
Procedência	1	242252604**	174016276**	5630859 ^{ns}	0,121**	72820 ^{ns}	32364037**	10458**
Idade x Procedência	3	100205729*	67972873**	4396484 ^{ns}	0,005 ^{ns}	273762 ^{ns}	856526**	982**
Erro	14	19181268	9572544	2227585	0,002	180992	51350	45
C. V. (%)		31,45	39,31	24,64	7,72	29,85	12,93	24,20

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns: não significativo.

Anexo 11 - *P. aduncum*: análise de variância para dados referentes às variáveis de desenvolvimento das plantas.

FV	QUADRADOS MÉDIOS			
	GL	Altura (m)	Diâmetro da copa (m)	IAF
Blocos	2	0,599*	0,077 ^{ns}	1,779*
Idade	3	3,364**	0,233**	7,642**
Procedência	1	5,171**	0,135 ^{ns}	1,545*
Idade x Procedência	3	0,241 ^{ns}	0,016 ^{ns}	1,162*
Erro	14	0,112	0,042	0,308
C.V. (%)		15,52	17,78	24,94

**significativo ao nível de 1% de probabilidade; *significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns: não significativo.